

University of Groningen

Slechthorendheid en het verstaan van spraak : een onderzoek naar de validiteit van het gehoororgaan

Kruisinga, Roelof Johannes Hendrik

IMPORTANT NOTE: You are advised to consult the publisher's version (publisher's PDF) if you wish to cite from it. Please check the document version below.

Document Version

Publisher's PDF, also known as Version of record

Publication date:

1955

[Link to publication in University of Groningen/UMCG research database](#)

Citation for published version (APA):

Kruisinga, R. J. H. (1955). *Slechthorendheid en het verstaan van spraak : een onderzoek naar de validiteit van het gehoororgaan*. [S.n.].

Copyright

Other than for strictly personal use, it is not permitted to download or to forward/distribute the text or part of it without the consent of the author(s) and/or copyright holder(s), unless the work is under an open content license (like Creative Commons).

The publication may also be distributed here under the terms of Article 25fa of the Dutch Copyright Act, indicated by the "Taverne" license. More information can be found on the University of Groningen website: <https://www.rug.nl/library/open-access/self-archiving-pure/taverne-amendment>.

Take-down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

Downloaded from the University of Groningen/UMCG research database (Pure): <http://www.rug.nl/research/portal>. For technical reasons the number of authors shown on this cover page is limited to 10 maximum.

SLECHTHORENDHEID
EN HET VERSTAAN VAN SPRAAK
EEN ONDERZOEK NAAR DE VALIDITEIT
VAN HET GEHOORORGAAN

R. J. H. KRUISINGA

ERRATUM

R.N.F.
2-0

S/N. 30

Groninger P.B.lijst No. 5.

20-4-'86
Rat. Lick.
vent. 3

lis	mis	bron	brant	schotel	v	palmen	duimen
david	v	hier	vuur	vies	vis	uur	nier
vat	zat	tijd	bijt	nattig	natter	passen	possen
berpet	v	decrne	deernen	fok	v	zijde	zede
dorre	borre	kies	kuu	hoon	v	immer	v
gaap	schaap	gedicht	gebeurt	gewei	gezeel	nare	Lare
foe	veel	hakker	hatter	heien	eilen	ons	ant
wet	vat	mees	nies	dol	doo	gewoon	v
nikker	v	behuisd	bewijst	wang	jankt	ton	dom
harder	horder	gemis	ve mis	laag	laars	deze	v
kaak	daak	dicts	bit	nemen	v	noorden	v
netwe	nekke	felie	vuile	vore	v	met	v
vel	vuil	bed	v	aar	v	weten	zopen
zotten	vetten	kier	teer	touw	bouw		
vijs	v	gezant	v	noen	noent		
noten	v	naden	v	long	v		
mazen	v	schilde	vreden	kas	tas		
alle	v	milt	mint	dapper	v		

32.2 %

SLECHTHORENDHEID
EN HET VERSTAAN VAN SPRAAK

STELLINGEN

- I. Efficiënte hoortraining is zonder voorafgaand kwalitatief spraak-audiometrisch onderzoek niet mogelijk.
- II. De methoden ter vaststelling van de validiteit van het gehoor-
orgaan met behulp van het toondrempelaudiogram zijn ondeugdelijk.
- III. De vigerende wettelijke voorschriften ter bepaling van de gehoor-
scherpte zijn thans onaanvaardbaar.
- IV. Bij de verklaring van de klankverwisseling bij de evolutie van de
talen dient rekening te worden gehouden met de acoustische pho-
neemverwisselingsvoorkeur.
- V. Bij de samenstelling van een code, die bij een lage signaal-
ruisverhouding moet worden gebruikt, houde men rekening met de
acoustische phoneemverwisselingsvoorkeur.
- VI. Opneming van het lawaaitrauma als beroepsziekte in de zin van
art. 87b van de ongevallenwet is, indien niet tegelijkertijd na-
dere aanvullende regelingen worden getroffen, niet gewenst.
- VII. Het osteoïed fibroom van de aangezichtsschedel is een vorm van
fibreuze dysplasie.
- VIII. De mening van Haurowitz dat immuunstoffen geproduceerd worden in
de levercellen, is onjuist.
- IX. De behandeling van de pertrochantaire femurfractuur blijve con-
servatief.
- X. Het onderzoek naar de invloed van het flitsen op het electro-
en cephalogram dient zodanig te worden ingericht, dat daarbij de
verschillende proefpersonen een volkomen identieke serie flits-
frequenties wordt aangeboden.
- XI. De verandering van de partiële zuurstofdruk is essentieel voor
het ontstaan van aero-otitis en aerosinusitis, de verandering van
de totale atmosferische druk heeft hiervoor slechts bijkomstige
betekenis.

XII. Bij de behandeling van de rhinitis vasomotoria wordt aan de voedingsallergie te weinig aandacht geschonken.

XIII. Het herderlijk schrijven vanwege de generale synode der Nederlands Hervormde Kerk betreffende: „Christen-zijn in de Nederlandse samenleving”, is in strijd met de Nederlandse Geloofsbelijdenis.

RIJKSUNIVERSITEIT TE GRONINGEN

SLECHTHORENDHEID
EN HET VERSTAAN VAN SPRAAK

EEN ONDERZOEK NAAR DE VALIDITEIT
VAN HET GEHOORORGAAN

PROEFSCHRIFT

TER VERKRIJGING VAN DE GRAAD VAN
DOCTOR IN DE GENEESKUNDE AAN DE
RIJKS-UNIVERSITEIT TE GRONINGEN,
OP GEZAG VAN DE RECTOR MAGNIFICUS
DR T. A. ROMPELMAN, HOOGLERAAR IN DE
FACULTEIT DER LETTEREN EN
WIJSBEGEERTE, IN HET OPENBAAR TE
VERDEDIGEN OP
WOENSDAG 2 NOVEMBER 1955
DES NAMIDDAGS TE 4 UUR

DOOR

ROELOF JOHANNES HENDRIK KRUISINGA
GEBOREN TE GRIJPSKERK

Promotor: Prof. Dr H. C. Huizing

De proeven beschreven in dit proefschrift werden voor een deel uitgevoerd met apparatuur, die ter beschikking was gesteld door de Organisatie voor Toegepast Natuurwetenschappelijk Onderzoek.

Aan mijn vrouw

Het verschijnen van dit proefschrift biedt mij een welkome gelegenheid, U, Hoogleraren, Oud Hoogleraren, Lectoren en Prievaats-Dozenten van de Medische en Natuurphilosophische Faculteiten van de Rijksuniversiteit te Groningen mijn dank te betuigen voor het van U ontvangen onderricht.

Hooggeleerde Huizinga, Hooggeachte Promotor. De fundamenteën van de audiologische wetenschap zijn mede door U gelegd. Het is een bijzonder voorrecht hieraan onder Uw leiding te mogen voortbouwen. Ik ben U grote dank verschuldigd. U hebt mij bij dit onderzoek steeds met raad en daad willen bijstaan. Uw warme belangstelling en de sfeer bij de langdurige besprekingen zal ik niet licht vergeten.

Hooggeleerde Huizinga, Hooggeachte leermeester. Dat U mij in de gelegenheid hebt gesteld mij als assistent onder Uw leiding in de Oor-, Neus-, Keelheelkunde te bekwamen stemt mij tot grote dankbaarheid. Uw klinisch meesterschap is voor Uw assistenten een voortdurende lering en aansporing. Uw grote ervaring en kennis vormen de bron waaruit ik steeds weer heb mogen putten. Ook bij dit onderzoek heb ik steeds Uw bijzondere belangstelling mogen ondervinden.

Hooggeleerde Brouwer. Het onderzoek naar het spraakverstaan bij de Friese patienten is, dank zij Uw hulp, beter mogelijk geworden. Voor de zeer omvangrijke hoeveelheid werk die U in verband hiermee, hebt willen verrichten, ben ik U zeer dankbaar.

Hooggeleerde Brinkman. Dat mijn kennismaking met het wetenschappelijk onderzoek onder Uw leiding op Uw laboratorium plaats had, is voor mij van grote betekenis geweest.

Zeergeleerde Kostelijk. De jaren als Uw medewerker doorgebracht bij de Vliegmedische Dienst en het Nationaal Luchtvaart geneeskundig Centrum in Soesterberg beschouw ik als bijzonder belangrijk voor mijn specialistische vorming. Aan deze tijd bij de Luchtmacht bewaar ik de beste herinneringen.

Mede-assistenten, de samenwerking met U is steeds uitermate prettig geweest.

Mijn dank gaat ook uit naar Mej. Fleischer en de Heren Volckmann, Kuitert en Freije, die steeds met grote bereidwilligheid klaar stonden om mij met hun technische vaardigheden bij te staan.

Geachte Mej. Martini en Mej. de Groot, ook aan U mijn dank voor de geboden hulp bij het typen van het manuscript.

Het administratieve en het verplegend personeel van de otologische afdeling dank ik voor de ondervonden medewerking.

Buitendien dank ik allen, die mij in welke andere vorm ook geholpen hebben bij het verschijnen van dit werk.

INHOUD

Verklaringen van afkortingen en technische termen	7
I. Historisch overzicht betreffende het functie- onderzoek van het gehoororgaan	11
A. Het functieonderzoek met gebruikmaking van zui- vere tonen als prikkelmateriaal	11
B. Het functieonderzoek met gebruikmaking van spraak als prikkelmateriaal	16
II. Gebruikte apparatuur en gevolgde methode van onderzoek	22
A. Apparatuur	22
B. Prikkelmateriaal	26
C. De gebruikte woordlijsten	27
D. Vergelijking van de phoneemfrequentie van het Fries en het Nederlands	30
E. Samenstelling van de Friese phonetisch gebalanceer- de lijsten	31
F. Instructie en opstelling bij het onderzoek	32
III. Het kwantitatieve onderzoek naar de validiteit	33
A. Inleiding en wijze van onderzoek	33
a. Het normale spraakaudiogram	33
b. Invloed van enkele bijzondere condities bij het onderzoek	34
c. Methoden ter berekening van de validiteitsindex op grond van het spraakaudiogram	36
d. Methoden ter bepaling van de validiteitsindex op grond van het toonaudiogram	37
e. Vergelijking van de verschillende validiteits- indices	42
f. Nadere bespreking van de methode Walsh-Silverman	48
g. Groninger validiteitsindex	50
IV. De betekenis van de fluisterspraak voor de bepaling van de gehoorfunctie	52
a. De „fluisterspraaktest”	52
b. Fluisterspraakaudiometrie	56
V. Het kwalitatief onderzoek naar het spraakverstaan	61
A. Aanleiding tot het onderzoek	61
B. Technische uitvoering van het onderzoek	61
C. Resultaten van het onderzoek	64
a. De phoneemarticulatie-index	64

b. De phoneemverwisselingsvoorkeur	66
c. De kwalitatieve spraakaudiogrammen	66
d. Het verstaan van conversatiespraak door normaalhorenden	67
e. Het verstaan van fluisterspraak kwalitatief ontleed (normaalhorenden)	69
f. Het verstaan van conversatiespraak door geleidingsdoven	71
g. Het verstaan van conversatiespraak door hardhorenden met abrupt audiogram bij 500 Hz	71
h. Het verstaan van conversatiespraak door enkele andere groepen doven	74
i. Het verstaan van onder distorsie aangeboden stemhebbende spraak aan normaalhorenden	76
j. Overige kwalitatieve waarnemingen	77
VI. Momenteel gebruikelijke normen ter afleiding van de validiteit van de hardhorende uit de validiteit van het gehoororgaan	80
VII. Samenvatting en conclusies	87
Summary and conclusions	94
Résumé	101
Zusammenfassung	103
Addendum. 1. Phonetisch gebalanceerde lijsten voor de Nederlandse taal	105
2. Phonetisch gebalanceerde lijsten voor de Friese taal	110
3. Phonetisch gebalanceerde nonsenslijsten	112
4. Groninger Phoneem Discriminatielijsten (hoorrecepten)	114
Literatuur	116

VERKLARING VAN AFKORTINGEN EN TECHNISCHE TERMEN

1. *Standaardniveau*: Het niveau van 10-16 Watt/cm², ten opzichte waarvan in decibel eenheden de geluidsintensiteit gewoonlijk wordt aangegeven.
2. *Drempelniveau* : Het intensiteitsniveau, waarop 50% van de prikkels gelijkelijk aangeboden bij stijgende of dalende intensiteitswaarden wordt waargenomen. Dit komt bij normaalhorenden bij 1000 Hz overeen met het standaardniveau.
3. *Luidheidsniveau* (in phon): Het intensiteitsniveau in decibel van een toon van 1000 Hz, die even luid klinkt als een ander geluid van een willekeurige frequentie.
4. *Luidheid* (in sone): De gehoorsensatie van enig geluid in vergelijking tot een geluid van 1000 Hz bij een intensiteit van 40 db.
5. *Difference-limen* (D.L.): De minimum toename van een geluidsprikkel, die nodig is om enig verschil in sensatie te verkrijgen.
6. *Distorsie* : Alle verschillen, waardoor gereproduceerd geluid (behalve wat de totale intensiteit betreft) zich onderscheidt van het oorspronkelijke.
7. *Blanke ruis* : Een geluid, dat alle hoorbare frequenties bevat en waarbij de geluidsenergie gelijkmatig over de gehele frequentieschaal is verdeeld.
8. *Hoordrempel* : Het drempelniveau, waarop een geluidsprikkel wordt waargenomen, zonder dat de aard van het geluid wordt herkend.
9. *Oorspan* : De logarithmische verhouding van pijndrempel en hoordrempel. De oorspan wordt uitgedrukt in bel of decibel.

10. *Spraakspan* : Dat deel van de oorspan, waarbinnen de geluidsintensiteiten van de fluister- en conversatiespraak vallen.

11. *Phoneem* : Op zichzelf staande spraakklank.

12. *Phonetisch gebalanceerde lijsten* (P.B.lijsten): Lijsten van bestaande woorden, zo samengesteld, dat de gebruikte spraakklanken daarin met hetzelfde percentage voorkomen als in de gewone omgangstaal.

13. *Phonetisch gebalanceerde nonsens lijsten* (P.B.N.lijsten): Phonetisch gebalanceerde lijsten samengesteld uit woorden (samenstellingen van phonemen), waaraan geen betekenis kan worden toegekend.

14. *Phoneem discriminatielijsten* (P.D.lijsten): Lijsten van bestaande woorden, die slechts in één phoneem verschillen, samengesteld, teneinde de specifieke hoormoeilijkheden voor bepaalde phonemen na te gaan en eventueel te behandelen.

15. *Articulatie* : Het begrip articulatie wordt gebruikt in:
a. phonetische zin;
b. acoustische zin.

Phonetische definitie: Het geheel der spraakbewegingen, waardoor de woorden als samenstelling van klinkers en medeklinkers worden gevormd.

Acoustische definitie: het subjectieve herkenningsvermogen van normaal gearticuleerde en zonder distorsie aangeboden spraakklanken of op zichzelf staande woorden bij perceptie door het normale of pathologische gehoororgaan.

16. *Articulatiepercentage*: Het percentage goed verstaane woorden van een woordlijst op een bepaald intensiteitsniveau.

17. *Articulatiecurve*: De grafiek, die het verband aangeeft tussen

het articulatiepercentage en de aangeboden geluidsintensiteit.

18. *Limen voor spraakperceptie* (L.S.P.) (= threshold of sensitivity): Het in db aangegeven spraakintensiteitsniveau, waarbij het gemakkelijkst verstaanbare woord van een P.B.lijst juist goed wordt weergegeven door de proefpersoon.
Dit niveau valt samen met het voetpunt van de articulatiecurve.
19. *Limen interaudibele* (L.I.) (= threshold of speech-intelligibility) (= speech reception threshold): Het in db aangegeven spraakintensiteitsniveau, waarbij 50% van de woorden van een P.B.lijst goed wordt nagesproken.
20. *Steilheid* (S) : De maximum steilheid van de articulatiecurve, dit is de maximale waarde van de verandering van het articulatiepercentage in procent/db.
21. *Discrimatieverlies*: Het percentage woorden van een P.B.-lijst, dat bij optimum intensiteit van de aangeboden spraak niet goed kan worden nagesproken.
22. *Dynamiek* (Dy) : (= bruikbare intensiteitsspan) dit is het verschil tussen de waarde van L.I. en de spraakintensiteit, waarbij het geluid onaangenaam hard begint te klinken.
23. *Phoneem articulatie index* (P.A.I.): Het subjectief herkenningsvermogen van een bepaald phoneem op een bepaald intensiteitsniveau.
24. *Phoneemverwisselingsvoorkeur* (P.V.V.): De relatieve voorkeur, die bij het misverstaan van een bepaald phoneem voor een ander phoneem bestaat.
25. *Kwantitatieve spraakaudiometrie*: Meting van het subjectief herkenningsvermogen van het totaal der spraakklanken door het normale of het pathologische gehoor.
26. *Kwalitatieve spraakaudiometrie*: Meting van het subjectief

herkenningsvermogen voor ieder der phonemen afzonderlijk, gepaard gaande met een onderzoek naar de aard der eventuele verwisselingen voor ieder der phonemen.

27. *Kwalitatief spraakaudiogram*: Een schematisch overzicht van het subjectief herkenningsvermogen en de verwisselingsvoorkeur der phonemen bij een slechthorende.

H o o f d s t u k I

HISTORISCH OVERZICHT BETREFFENDE HET FUNCTIE-ONDERZOEK VAN HET GEHOORORGAAN

A. Het functieonderzoek met gebruikmaking van zuivere tonen als prikkelmateriaal

De methoden tot nauwkeurige meting van de gehoorscherpthe zijn vooral in de loop van het laatste tiental jaren aan wijzigingen van zeer verstrekkende betekenis onderhevig geweest.

Uit de 19e eeuw dateren de meer nauwkeurige methoden van gehoorfunctie-onderzoek, die berusten op het gebruik van stemvorken. Deze worden nu nog gebruikt. De meest bekende hiervan zijn ontworpen door Weber (1829), Rinne (1855) en Schwabach (1885). Het zijn gehoordrempelbepalingen met behulp van zuivere tonen door de stemvork voortgebracht. De onderlinge verschillen van deze tests betreffen de omstandigheden, waaronder de bepalingen plaats vinden, zoals het aanbieden van de prikkel via beengeleiding, dan wel door middel van luchtgeleiding.

De test volgens Weber (destijds hoogleraar in de physiologie te Leipzig) wordt als volgt door hem beschreven: *Si vero alterutram aurem manu firmiter occludimus, vocemque emittimus, certissime, sentimus vocem ab aure occlusa multo melius et fortius audiri quam ab aure aperta.*

Si stylum furcae musicae oscillantis, sonum non nimis acutum edentis, ad dentis apprimimus et os quantum id fieri potest, labiis et lingua occludimus, auresque simul vel manibus ad aures appressis, vel digito in meatum auditorium immisso claudimus, furcae sono vehementius percellimur quam auribus apertis.

Weber merkte ook op, dat vele hardhorenden deze stemvork zonder de gehoorgang af te sluiten aan de zieke zijde luider waarnemen, dan aan de gezonde.

De test door Rinne, gepubliceerd in het *Vierteljahrschrift für Heilkunde* 45-46 p.72, dateert van 1855 en de beschrijving door de ontwerper toont aan, dat deze zich ook ten aanzien van de verklaring, voor zover mogelijk, een juist beeld vormde: „Ein leicht anzustellender Versuch zeigt uns, in welchem Grade die Leitung durch die Schädelknöchen selbst für Töne, die durch Schwingungen eines festen Körpers entstehen und unmittelbar auf

das Skelet Übertragen werden, hinter der normalen Leitung durch Luft und Trommelfell usw. zurücksteht.

Ich stemme ein durch Anschlagen zum Tönen gebrachte Stimmgabel gegen die oberen Schneidezähne und lasse sie in der Lage bis zu dem Momente, wo der im Anfange sehr klare Ton für mich unhörbar wird. Jetzt bringe ich die Stimmgabel vor das äussere Ohr und höre aufs Neue den Ton mit grosser Intensität. Erst nach geraumer Zeit verklingt derselbe auch hier.....

Es lässt sich dieser Versuch auch zur Sicherung der Diagnose bei Schwerhörigkeit anwenden: denn hat derselbe bei Schwerhörigkeit denselben Erfolg wie bei Gesunden, so schliessen wir mit Recht, dass das Verhältnis der Leitungsfähigkeit der Kopfknochen und der komplizierten akustischen Apparate das Normale ist, also der Hörnerv krank sein muss. Hört dagegen der Patient den durch die Kopfknochen zugeleiteten Ton ebenso lange oder gar länger als auf dem normalen Wege zugeführten, so schliessen wir auf eine Krankheit eines der leitenden Apparate bis zur Membr.fenestr. oval. einschliesslich, die freilich durch ein Leiden eines Nerves – aber eines motorischen – bedingt sein kann."

De test volgens Schwabach vinden wij in het Zeitschrift für Ohrenheilkunde van 1885 op pag. 146 als volgt door hem aangegeven: „Einen nicht zu unterschätzenden Anhaltspunkt für die Differentialdiagnostik zwischen affektionen des Schalleitungsapparate und solchen des schallpercipirenden Apparates scheint mir die Berücksichtigung der Zeitdauer zu geben, um welche eine auf den Scheitel aufgesetzte Stimmgabel von Schwerhörigen länger oder kürzer gehört wird, als von Normalhörigen".

Men heeft getracht de stemvorkproeven ook voor het kwantitatief gehooronderzoek geschikt te maken, maar men is hierin slechts ten dele geslaagd. Edelmann en Bezold ontwikkelden aan het eind van de 19e eeuw een serie boventoonvrije stemvorken. Het trillingsgetal van elk van deze stemvorken kon binnen bepaalde grenzen worden gevarieerd. Vooral ook door onze landgenoot Struycken is bijzonder verdienstelijk werk geleverd betreffende de normalisatie en rationalisatie van stemvorken en andere mechanische trillingsbronnen zoals klankstaafjes en monochord. Hij is er in geslaagd stemvorken met stabiele aanslag en derhalve constante beginamplitude en vaste uitklinktijd te vervaardigen tot en met 4000 Hz. Voor trillingen boven 4000 Hz construeerde hij klankstaafjes met dezelfde geijkte eigenschappen, waarbij hij voor 8000 Hz de in deze omstandigheden lange uitklinktijd van 30 seconden wist te bereiken.

Een zeer belangrijke aanwinst was echter het door de ontwikkeling van de electrotechniek beschikbaar komen van een apparaat, waarmee men in staat was zuivere tonen met een standvastig trillingsgetal te produceren. Daarbij kan de gewenste zuivere

toon naar believen op verschillende intensiteitsniveau's worden ingesteld. Een nauwkeurig onderzoek naar de gehoordrempel voor zuivere tonen was daarmee mogelijk geworden en dit is voor de diagnostiek van de oorziekten van buitengewone betekenis gebleken. De enkelvoudige trillingen worden de patient bij verschillende intensiteit aangeboden, waarbij deze de subjectieve grens tussen het nog juist waarneembare en het juist niet waarneembare aangeeft.

Als regel wordt zowel voor de beengeleiding als voor de luchtgeleiding aan beide oren voor 7 frequenties een drempelbepaling uitgevoerd. De frequenties 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000 en 8000 trillingen per seconde worden hiervoor meestal gebruikt. Terwijl de laatste tijd de, vooral door van Dishoeck naar voren gebrachte, drempelbepaling met behulp van een continu van laag tot hoog in trillingsgetal veranderende toon meer in gebruik komt (het zogenaamde continu-audiogram).

De eventueel verminderde gevoeligheid bij de waarnemingsdrempel wordt uitgedrukt in decibel.

De drempelwaarde van de geluidsintensiteit, uitgedrukt in db, heeft monauraal gemeten bij de verschillende frequenties een grootte, zoals door het verloop van curve AB in fig. 1 wordt aangegeven.

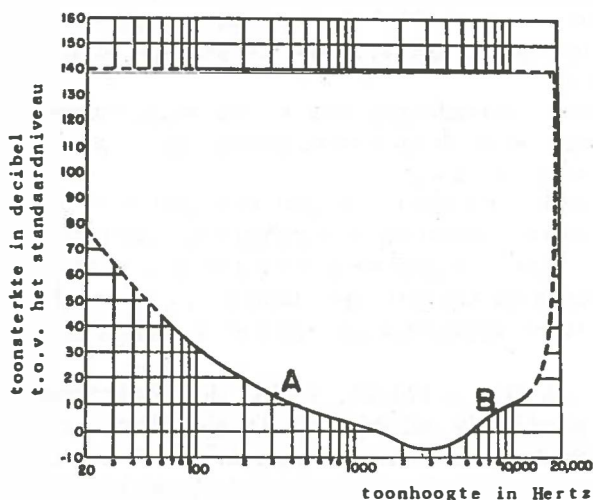


Fig. 1. *Het gehoorveld van normaal horenden.*
Curve A-B gehoordrempel van normaal horenden.

De afwijkingen ten opzichte van deze curve AB leveren, grafisch uitgezet, het individuele drempelaudiogram voor zuivere tonen. Het aantal db gehoorverlies hangt af van de verhouding van

de drempelenergie nodig voor het zieke oor tot die, welke voor het normale oor voor dezelfde frequentie voldoende is.

Er is getracht dit drempelaudiogram voor zuivere tonen een maat te doen zijn voor de validiteit van het gehoororgaan. Deze pogingen mogen, zoals onder meer later uit ons onderzoek zal blijken, niet geheel geslaagd worden geacht. Zij hebben schipbreuk geleden op het feit, dat hier sprake is van geheel ongelijksoortige grootheden. Immers de validiteit van het gehoororgaan wordt in belangrijke mate bepaald door de mogelijkheid van het verstaan van spraak. Het verstaan van de spraak speelt zich echter geenszins af aan de gehoordrempel, doch aanzienlijk daarboven. De functie van het zintuig boven de drempel blijkt in vele gevallen slechts ten dele van de ligging van de drempel afhankelijk te zijn. Deze supraliminale functie kan in niet onbelangrijke mate nog beïnvloed worden door aandoeningen van binnenoor, gehoorzenuw en hogere centra. Men kon dus ook van theoretisch gezichtspunt bezien niet optimistisch ten aanzien van deze pogingen gestemd zijn.

Bij het hierboven geschetste supraliminale karakter van de spraak, waardoor de taxaties van de validiteit op basis van een drempelaudiogram niet tot hun doel kunnen leiden, komt nog het feit, dat men uit het drempelaudiogram evenmin kan afleiden in hoeverre de patient reeds gebruik gemaakt heeft van bijzondere mogelijkheden om gedeeltelijk ontvangen „spraakpatronen” juist te interpreteren. In hoeverre dus de patient zijn doofheid heeft gecompenseerd.

De nadere bestudering van de luidheidsfunctie van het oor heeft eveneens voor de validiteitsbepaling en het gehoorfunctie-onderzoek grote betekenis.

Deze luidheidsfunctie van het oor laat zich thans ook bepalen en wel zowel binauraal als monauraal. Zeer belangrijke bijdragen zijn hiervoor geleverd door Fowler, Huizing, De Bruine-Altes, v.Békésy en Lüscher. Het inzicht in de cochleaire en in de retrocochleaire aandoeningen van het gehoororgaan is hierdoor verruimd.

Zoals uit fig. 1 blijkt, is bij de gehoordrempel niet voor iedere frequentie de geluidsdruk in fysische eenheden gelijk. Ook de luidheidssensatie is bij gelijke fysische geluidsdruk bij verschillende frequenties zeer ongelijk. Zo klinkt een toon van 1000 Hz bij dezelfde fysische geluidsdruk in het onderste deel van het gehoorveld veel luider dan een toon van 100 Hz. Dit verschijnsel treedt aan het licht door het gebogen karakter van de lijnen van gelijke luidheid (fig.2). Deze lijnen worden genoemd isophonen.

De eerste waarnemingen, die op het phenomeen van de pathologische toename der luidheidswaarneming attenderen, dateren reeds

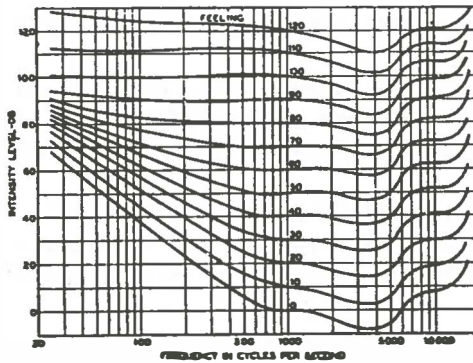


Fig. 2. *Isofonen bij normaal horenden.*
Lijnen van gelijke luidheid in
het gehoorveld.
(naar H.Fletcher)

van het einde der vorige eeuw (Habermann). Doch eerst in de laatste decennia zijn de verschillende symptomen en vormen van dit verschijnsel, regressie of recruitment genaamd, nauwkeuriger bestudeerd.

Zoals reeds werd aangeduid, verstaat men onder het begrip regressie of recruitment een abnormaal grote, dus pathologische, toename van de luidheidsgewaarwording bij vergroting van de geluidsintensiteit. Als men bijvoorbeeld een testtoon op een niveau van 20 db boven de respectievelijke gehoordrempels van een patient en een normaalhorende aanbiedt, is ten opzichte van hun gehoordrempels de luidheid meer toegenomen bij de patient met recruitment, dan bij een normaalhorende. Het recruitment-phenomeen is dikwijls zo uitgesproken, dat tenslotte bij grote intensiteiten de luidheidsgewaarwording van de hardhorende even sterk is als, of soms zelfs sterker is, dan bij normaalhorenden. Dit heeft men het eerst bij patienten met een ééNZijzig gehoorvlies kunnen vaststellen.

De uitdrukking recruitment duidt in zijn oorspronkelijke betekenis eigenlijk uitsluitend op de pathologische luidheidsfunctie. In werkelijkheid echter tonen de ziektebeelden met de veranderde luidheidsfunctie dikwijls een complex van ziekelijke veranderingen van de gehoorsgewaarwordingen, zoals een veranderde vermoeibaarheid, veranderde adaptatie en een veranderd toonhoogte-onderscheidingsvermogen. Ook is de intensiteit van wat men kan noemen het comfortabele luisterniveau als regel abnormaal.

Er is een groot aantal methoden ter exacte bepaling van het recruitment verschijnsel aangegeven.

Geen van deze methoden beantwoordt, voor de praktische toepassing en voor alle mogelijke gevallen, aan de klinische wensen.

Men moet vaak met een tijdrovende combinatie van de voorgestelde methoden werken om enig inzicht in deze pathologische verschijnselen te verkrijgen.

De anatomische veranderingen, die aan „recruitment” ten grondslag liggen, zijn nog geheel onduidelijk. Histologisch onderzoek bij gehoororganen met recruitment vond nog in onvoldoende mate plaats.

Vastgesteld is kunnen worden, dat in het algemeen bij cochleaire aandoeningen wel recruitment aanwezig is en bij retro-cochleaire aandoeningen geen recruitment kan worden gevonden. Bij zuivere middenoorafwijkingen heeft men geen recruitment kunnen vinden. Zoals bekend, onderscheiden deze laatste zich van de beide eerstgenoemde in de veranderde verhouding van been- tot luchtgeleiding. De gedachten inzake de localisatie van het recruitment verschijnsel gaan thans in de richting van hetzij de haarcellen, hetzij de membrana tectoria, met name wordt verondersteld, dat een aandoening van vezels van de nervus cochlearis niet tot recruitment kan leiden.

Het verschijnsel is ook functioneel nog onvoldoende duidelijk. Met name is het niet zeker of men met één verschijnsel of met een complex van verschijnselen, die als regel in samenhang optreden, te doen heeft. Ook is het niet zeker, of bij toeneming van het cochleaire hoorverlies ook het recruitment verschijnsel altijd evenredig toeneemt; evenmin of wel altijd dezelfde laesie aan het verschijnsel ten grondslag ligt, aangezien is opgemerkt, dat men bij sommige ziektebeelden (M.Ménière) in bepaalde gevallen met een tijdelijk verschijnsel en bij andere ziektebeelden met een blijvend verschijnsel te doen heeft.

Door Huizing is er reeds vroeg op gewezen, dat recruitment een zeer belangrijke rol speelt bij het spraakverstaan. Alleen al de veranderde luidheidsfunctie immers leidt tot een verkleinde spraakspan. Aangezien spraak nu eenmaal een zeker minimum intensiteitsbreedte nodig heeft om gedécodeerd te kunnen worden, kan de verkleining van de spraakspan er toe leiden, dat spraak geheel onverstaanbaar wordt. Doch al lang voordat deze ernstige toestand is bereikt, wordt de verstaanbaarheid bemoeilijkt, doordat voor de patient binnen het phoneem de verschillende componenten in hun intensiteitsverhoudingen sterk zijn verschoven. In hoofdstuk V zullen wij hierop nader terugkomen.

B. Het functieonderzoek met gebruikmaking van spraak als prikkelmateriaal

Bij het liminale en supraliminale onderzoek naar de hoorfunctie voor de zuivere tonen krijgt men niet voldoende gegevens

betreffende de hoorfunctie voor de spraak. Hiertoe is het onderzoek met de spraak zelf nodig.

De stemhebbende spraak en de fluisterspraak zijn als prikkelmateriaal bij het gehooronderzoek voor het eerst op verantwoorde wijze gebruikt door Oskar Wolf, oorarts te Frankfurt am Main. Hij was een leerling van Von Helmholtz en van Politzer, en publiceerde in 1871 „Sprache und Ohr“, „akustisch-physiologischen Studien“.

Het is vooral Von Helmholtz geweest, die, zoals uit de geschriften blijkt, voortdurend Wolf is blijven adviseren, terwijl hij ook hoofdstuk voor hoofdstuk van het thans klassieke werkje met hem heeft besproken. Daarbij stond Wolf in regelmatige briefwisseling betreffende zijn onderzoek met Politzer en met Donders. Hij heeft dus wel beschikt over een bijzonder gelukkige combinatie van leermeesters.

Wij zeiden, dat Wolf de eerste was, die op verantwoorde wijze de spraak heeft gebruikt als prikkel bij het gehoorfunctieonderzoek. Helaas moet worden gezegd, dat Wolf vrijwel de laatste is geweest, die tot aan het ogenblik, waarop de ontwikkeling van de electrotechniek gemakkelijker een goede toepassing van de spraakaudiometrie mogelijk maakte, daarvan op verantwoorde wijze heeft gebruik gemaakt. Hij lette nauwkeurig op de omstandigheden, waaronder hij de fluisterspraaktest en de conversatiespraaktest uitvoerde en maakte exacte tellingen betreffende het percentage woorden, dat werd misverstaan. Zelfs ging hij de relatieve verstaanbaarheid na van enkele phonemen.

Het volgende citaat geeft een indruk van de uiterst beperkte middelen waarmee toen werd gewerkt en toch resultaten werden verkregen. „Für unsere Zweck ist es wesentlich festzustellen, in welchen Tonstärkeverhältnis die einzelnen Sprachlaute zu einander stehen; hierzu zeigte mir die Methode, welche ich zur Prüfung der Hörweite Ohrenkranker anzuwenden pflege, den Weg. Ich lud Herrn Appun und noch zwei Musikverständige ein, gegen Abend mit mir einen Spaziergang ins Freie zu machen und zwar bei windstillem Wetter im Monat Mai. Appun suchte nun die einzelnen Sprachlaute in möglichst gleichmäßig fortdauernden Tonstärke an zu geben, während er darin von einen ihm nahe bleibender Musiker kontrolliert wurde“.

Niet onvermeld moge nog blijven, dat in tegenspraak met wat tot nu veelal is aangenomen, het niet Lichtwitz in Praag, of Bryant in de U.S.A. zijn geweest, die als eersten hebben gepoogd de fonograaf van Edison voor spraakaudiometrisch onderzoek te gebruiken. Wolf heeft met de eerste fonograaf die uit Amerika in Europa aankwam, pogingen in die richting gedaan. Hij zag echter spoedig in, dat de weergave van dit instrument voor het gestelde doel geheel onvoldoende was.

Door Gradenigo en later door Zwaardemaker en Quix is op de door Wolf gelegde grondslag gepoogd het onderzoek voort te zetten.

Gradenigo heeft nog pogingen gedaan om de verhouding tussen de afstand, waarop de fluisterspraak en die, waarop de conversatiespraak verstaan wordt, vast te leggen in een index, de zogenaamde index vocalis (I.voc.). Door hem is naar voren gebracht, dat de Index vocalis bij bas en discantdoofheden een verschillende is. Hierop zullen wij in hoofdstuk V terugkomen.

Zwaardemaker en Quix hebben een indeling gemaakt in isozonale en aequi-intense spraakklanken. Zij hebben daarbij de klinkers en medeklinkers verdeeld in drie zones; een hoog-, een midden- en een laag-frequente zone.

Door Quix is reeds, op grond van door hem geconstateerde verschillende verstaanbaarheid van enkele phonemen, een poging gedaan een methode aan te geven om simulanten te ontmaskeren.

Zwaardemaker wijst er in zijn afscheidscollege in 1926 reeds op, dat hier grote praktische mogelijkheden liggen: „Een tweede onderwerp, dat ik wil beschouwen, is dat der phonetiek. Er zijn daarin een paar vraagpunten, die voor de oorartsen van groot belang zijn, namelijk de vraag naar de bouw van onze klinkers en medeklinkers. Want het blijkt, dat de dooven niet zoozeer last hebben van de zwakte van het geluid, dan wel van het uitgewischt zijn, in het gesprokene van bepaalde reeksen van tonen bij de één hoog, bij de ander laag. De spraakklanken worden daardoor onherkenbaar, en het helpt niet, of men schreeuwt dan wel electrisch versterkt, verbrokeld en verminkt blijven zij toch, de teksten onontwarbaar makend”.

Het is merkwaardig, dat daarna dit aspect van het onderzoek naar het spraakverstaan zo lange tijd heeft stilgestaan, er althans geen belangrijke vorderingen zijn gemaakt.

Wat het quantitatieve aspect betreft, zijn de hierboven genoemde onderzoeken klinisch echter volkomen onkritisch toegepast.

De bovengenoemde onderzoekers werkten in de avondstilte buiten in het vrije veld met gunstige condities van weer en wind en met afstanden van tientallen tot enkele honderden meters, daarbij nauwkeurig registrerend hoe groot het percentage der goed verstane klanken was. Zij waren zich daarbij bewust van de foutenbronnen, die dan nog aan hun onderzoek kleefden.

Niets van dit alles vindt men terug in de klinische fluisterspraak-„test”. Deze fluisterspraaktest en conversatiespraaktest zijn in theorie gebaseerd op de wet, dat de geluidsdruk afneemt met het kwadraat van de afstand tot de geluidsbron. Dit geldt echter uitsluitend voor het geval, dat het geluid zich vrij kan voortplanten in alle richtingen. In onderzoekruimten waar

vloer, plafond en wanden het geluid weerkaatsen, gaat de wet in het geheel niet op. In feite gelden dan ook hiervoor in alle ruimten verschillende formules, die onder meer afhankelijk zijn van de afmetingen van het vertrek, de aanwezigheid van andere weerkaatsende vlakken (tafels, stoelen, kasten) en van de accoustische geaardheid van het materiaal van alle weerkaatsende vlakken. Een zogenaamde standaardafstand van 6 m. in onderzoekvertrekken is dan ook geheel en al een fictie.

Deze onnauwkeurigheden, inhaerent aan de test, zijn van onderzoeker tot onderzoeker, van woord tot woord, van afstand tot afstand, van tijdstip tot tijdstip en van localiteit tot localiteit verschillend. De spreiding van *elk* van de hierboven gesignaleerde mogelijkheden van afwijking is groot genoeg om bij keuringen van beslissende betekenis te kunnen zijn.

Men moge hebben opgemerkt, dat in het bovenstaande nog in het geheel niets is gezegd over de byzondere slordigheid, waarmee dikwijls wordt gesproken en gefluisterd bij deze test of over de betekenis van de toevallige samenstelling van de testwoorden.

Ook is nog niet gewezen op het feit, dat de resultaten sterk worden beïnvloed door de aanwezigheid van achtergrondgeruis. Eenzelfde vertrek vertoont dan ook dikwijls 's ochtends geheel andere eigenschappen dan 's middags of 's avonds. Wij komen in hoofdstuk VI op de betekenis, die deze fluisterspraaktest niet kan hebben voor de vaststelling van de validiteit nader terug.

De spraakaudiometrie, ontwikkeld met behulp van de moderne electrotechniek, heeft het spraakgehooronderzoek op een meer betrouwbare wijze voor de practijk toegankelijk gemaakt.

In 1877 was door Th.A.Edison de fonograaf geconstrueerd. Zoals gezegd, werden door Wolf, Lichtwitz en Bryant pogingen gedaan om dit instrument te gebruiken voor het onderzoek naar de verstaanbaarheid van de spraak. De kwaliteit van de weergave beantwoordde echter niet aan de te stellen eisen.

Het is de bijzondere verdienste van Fletcher, dat hij door toepassing van de electrotechniek het spraakgehooronderzoek voor practische toepassing heeft geschikt gemaakt.

Het spraakaudiometrisch onderzoek is mede gestimuleerd door de ontwikkeling van de telefoonindustrie. En het zijn de Bell Telephone Laboratories, waarvan Fletcher Acoustical Research Director was, en de Siemens en Halske Werke geweest, die hier met ere kunnen worden genoemd.

Voordat een doeltreffend onderzoek naar het spraakverstaan mogelijk is, dient men zich eerst van enkele fundamentele eigenschappen van de spraak op de hoogte te stellen.

Bij het spreken veroorzaakt men gecompliceerd samengestelde geluidstrillingen, die in frequentie en in intensiteit snelle

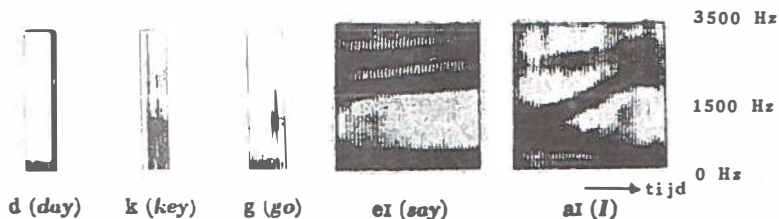


Fig. 3. Spectrogram van enkele klanken.
Volgens Potter, Kopp en Green:
Visible speech.
Zwarting in het beeld: intensiteit.

wisselingen vertonen. Men kan de spraak ontleden in een aantal onderling verschillende phonemen. Elk phoneem is opgebouwd uit een typische combinatie van trillingen, waarvan de spectrale energieverdeling typerend is voor het phoneem. Fig. 3 geeft een voorstelling van de samenstelling van enkele phonemen.

Een dergelijke afbeelding van de samenstellende frequenties met hun respectieve amplitudes noemt men het spectrum van de klank.

De phonemen keren in de spraak steeds terug en vormen alleen of in combinatie met elkaar woorden. De frequentie, waarin deze phonemen in de verschillende talen worden gebruikt, is verschillend. Voor een bepaalde taal is de onderlinge verschijningsfrequentie van de phonemen typerend.

Tabel I geeft een overzicht van de frequentie van de phonemen in de Nederlandse taal.

Dat als gevolg van de frequentie, waarmee ieder der phonemen in de verschillende talen voorkomt, verschillen in verstaanbaarheid van deze talen kunnen bestaan, zal in hoofdstuk V nader worden aangetoond.

Aangezien het ons nog onbekend is, welke factor, c.q. factoren, binnen het phoneem aansprakelijk zijn voor de herkenning van het phoneem, hetzij in geïsoleerde vorm, hetzij in typische combinatievormen de taal eigen, zal het, teneinde meer inzicht te krijgen in de functie van het verstaan van de spraak als geheel, nodig zijn al deze phonemen aan te bieden. Ook zal het nodig zijn de phonemen in dezelfde frequentie aan te bieden, als zij in de normale spraak worden gebruikt.

Door het samenstellen van woordlijsten, waarin de phonemen met een bij de normale spraak gebruikelijke frequentie voorkomen, heeft men getracht een zoveel mogelijk met de spraak overeenkomend specimen te verkrijgen. Deze fonetisch gebalanceerde lijsten kan men dus beschouwen als de thans bekende kleinste eenheid, die een acoustisch beeld geeft van de Nederlandse spraak.

Tabel I

1. <u>bode</u>	12.66 pCt	18. <u>beek</u>	1.94 pCt	35. <u>ja</u>	0.40 pCt
2. <u>nee</u>	10.10	19. <u>zie</u>	1.92	36. <u>koud</u>	0.38
3. <u>tante</u>	7.95	20. <u>macht</u>	1.91	37. <u>muur, nu</u>	0.36
4. <u>rood</u>	6.50	21. <u>water</u>	1.89	38. <u>bootje</u>	0.11
5. <u>dame</u>	4.81	22. <u>dief</u>	1.73	39. <u>zakdoek</u>	0.10
6. <u>soep</u>	4.26	23. <u>bek</u>	1.55	40. <u>huisje</u>	0.05
7. <u>man</u>	4.13	24. <u>loop</u>	1.47	41. <u>franje</u>	0.05
8. <u>lief</u>	4.00	25. <u>piet</u>	1.38	42. <u>deur</u>	0.05
9. <u>met</u>	3.02	26. <u>dom</u>	1.32	43. <u>miauw</u>	0.05
10. <u>koe</u>	2.97	27. <u>fiets</u>	1.25	44. <u>roeit</u>	0.05
11. <u>pa</u>	2.94	28. <u>pot</u>	0.98	45. <u>nooit</u>	0.04
12. <u>pit</u>	2.79	29. <u>boek</u>	0.83	46. <u>beuk</u>	0.03
13. <u>men</u>	2.71	30. <u>bang</u>	0.73	47. <u>nieuw</u>	0.01
14. <u>dragen</u>	2.27	31. <u>boor</u>	0.56	48. <u>duw</u>	0.01
15. <u>even</u>	2.22	32. <u>put</u>	0.52	49. <u>logeren</u>	0.01
16. <u>hoed</u>	1.97	33. <u>ruit</u>	0.48	50. <u>draai</u>	0.01
17. <u>ijs</u>	1.95	34. <u>peer</u>	0.40	51. <u>leeuw</u>	0.00

. Door deze P.B.lijsten op verschillend intensiteitsniveau aan te bieden en daarbij steeds het percentage juist verstande woorden vast te stellen, verkrijgt men een zogenaamd spraakaudiogram (fig. 4). De P.B. lijsten zijn in het addendum opgenomen (pag. 105 tot pag. 110).

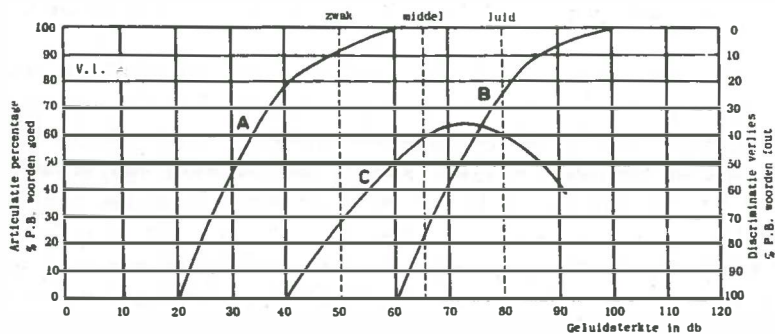


Fig. 4. *Spraakaudiogram.*
 Curve A: normaal horende.
 Curve B: geleidingsdove.
 Curve C: perceptiedove.

H o o f d s t u k I I

GEBRUIKTE APPARATUUR EN GEVOLGDE METHODE VAN ONDERZOEK

A. Apparatuur

Het onderzoek is in een geluidarm vertrek uitgevoerd. Hierbij werd de op plaat Ia afgebeelde apparatuur gebruikt. In het blokschema (fig. 5) is de opstelling van de apparatuur nader aangegeven.

Spraak is als prikkelmateriaal gebruikt. Dit is via een versterker en een decibel-afzwakker op verschillende intensiteits-niveau's aangeboden. Afhankelijk van de aard van de proefnemingen is al dan niet een geluidsfilter tussengeschakeld.

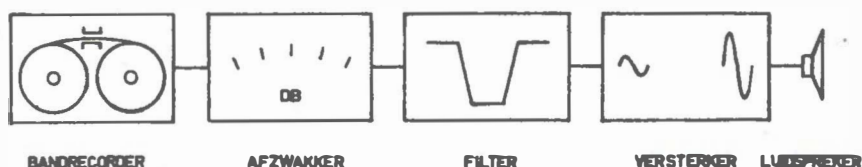


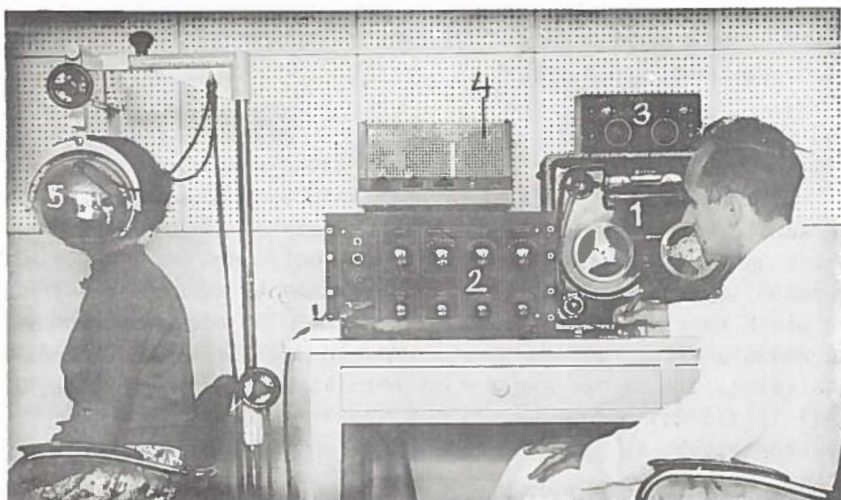
Fig. 5. Blokschema van de proefopstelling.

De gebruikte apparaten hadden de volgende eigenschappen:

I. *Bandrecorder*: Als geluidsbron werd door ons gebruikt een model 2010 tape-recorder van Webster Corporation Chicago. De bandsnelheid werd steeds $7\frac{1}{4}$ " per seconde genomen, waarmede werd bereikt, dat de weergave vrijwel geheel gelijkmatig was tussen 70 en 7500 Hz. Op iedere zijde van de band was het aldus mogelijk 3 P.B. lijsten op te nemen. De speelduur van een aan beide kanten besproken band, in totaal 6 P.B. lijsten, was aldus een half uur. Dit is ook wel ongeveer de maximum tijdsduur, gedurende welke men een patient aan het spraakaudiometrisch onderzoek kan onderwerpen. Daarna gaat de vermoeidheid van de patient bij dit onderzoek meespreken.

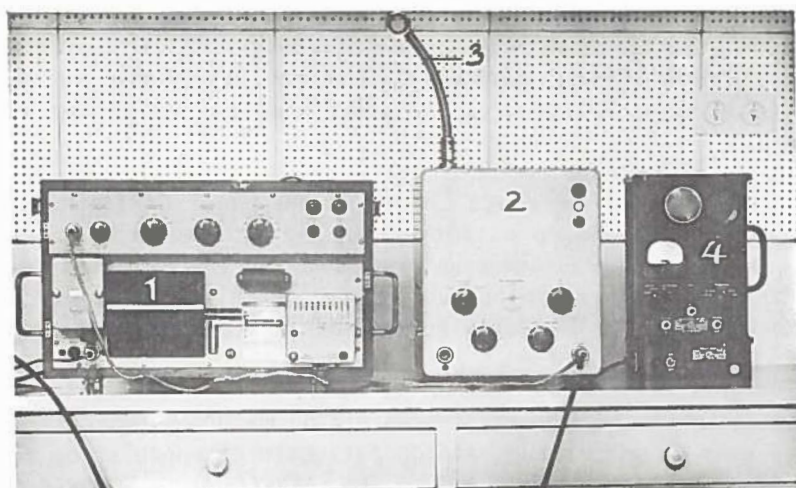
Als band werd gebruikt de no. 120 A Scotch magnetic tape, die van hoge kwaliteit is.

II. *Versterker en verzwakker*: Als versterker fungeerde een in het audiologisch laboratorium gebouwde versterker, die aan hoge weergave-eisen voldeed.



Plaat Ia

- | | | |
|------------------|-------------------|----------------------|
| 1. tape-recorder | 2. geluidsfilter | 3. decibel afzwakker |
| 4. versterker | 5. geluidsprekers | |



Plaat Ib

- | | |
|---------------------------|-----------------------|
| 1. geluidsniveauschrijver | 2. voorversterker |
| 3. microfoon | 4. geluidsniveaumeter |

De verzwakker van „The Daven Company”, type T 690 A, was een voor ons doel voldoende verzwakker. Het frequentie-bereik hiervan is tot 17.000 Hz gelijkmatig en het in stappen van 1 db geijkte intensiteitsbereik is 110 db.

III. *Geluidsfilter*: Als geluidsfilter werd gebruikt een audio effects filter type 37-A, eveneens van „The Daven Company”.

De aanschaffing van dit filter werd mogelijk gemaakt door een subsidie van de organisatie voor Toegepast Natuurwetenschappelijk Onderzoek. Dit geluidsfilter was ontworpen voor televisie en radio, teneinde bepaalde geluidseffecten te kunnen nabootsen; het bleek voor ons doel bijzonder geschikt. De eigenschappen van een zodanig filter worden vooral bepaald door de scherpte van de afsnijding, die er mee kan worden bereikt. Fig. 6 toont het verschil in filterwerking tussen een scherpe (A) en een brede (B) karakteristiek. In geval A verloopt de afsnijding met 20 db per octaaf, in geval B met 10 db per octaaf.

Het gebruikte toestel bestaat uit een aantal filters met een groot aantal afsnijmogelijkheden, nl. bij de afsnijfrequenties 50, 100, 200, 500, 1000, 2500 en 5000 Hz. Het kan gebruikt worden zowel voor doorlating van lagere, als ook voor doorlating van hogere frequenties dan de zo juist genoemde afsnijfrequenties. De filters kunnen ook in combinatie worden gebruikt, zowel ter eliminatie van het binnen de ingestelde frequenties als ter eliminatie van het buiten de ingestelde frequenties gelegen gebied. De afsnijding is instelbaar op 6 mogelijkheden van steilheid bij ieder van de hierboven genoemde frequenties. Wij hebben een herijk van de karakteristiek van de afsnijding van het filter uitgevoerd.

IV. *Luidsprekers*: De grote koptelefoons, door de firma M.P. Pedersen te Kopenhagen ontworpen bij de audiometer M.P. type B 222, werden als geluidswergevers gebruikt. Hierdoor werd beïnvloeding door het fysiologisch geruis, dat als wij het oor afsluiten ontstaat in de kleine ruimte vóór het trommelvlies, voorkomen.

Dergelijke geruisen kunnen nl. ontstaan door respiraties en vaatpulsaties waarvan de trillingen via de hoofdbeenderen hun weg vinden naar de gehoorgang. Als de patienten de koptelefoon zelf tegen de oorschelp drukken kunnen de spiertremoren van hand en arm ruis veroorzaken.

Ook is dikwijls bij de audiometer-telefoons geen rekening gehouden met de vermeerderde ruimte tengevolge van operatief verwijderde mastoïedcellen, waardoor bij deze telefoons de ijkking wordt verstoord.

De hier gebruikte koptelefoons hebben geen belangrijke re-

Fig. 6a en Fig. 6b. *Filterkarakteristiek.*

Voorbeelden van acoustische afsnijmogelijkheden met het audio effects filter type 37-A (Daven Cy).

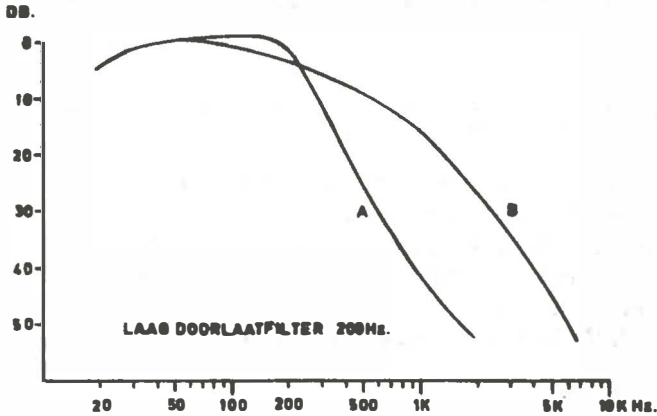


fig. 6a een laag doorlaatfilter met afsnijfrequentie 200 Hz.
de scherpe afsnijding (A) heeft een kwaliteit van ruim 20 db/octaaf.
de brede afsnijding (B) heeft een kwaliteit van ruim 7 db/octaaf.

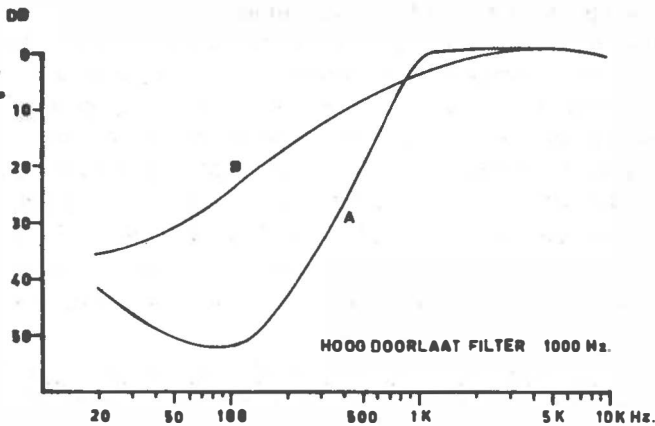


fig. 6b een hoog doorlaatfilter met afsnijfrequentie 1000 Hz.
de scherpe afsnijding (A) heeft een kwaliteit van ruim 20 db/octaaf.
de brede afsnijding (B) heeft een kwaliteit van ruim 7 db/octaaf.

sonantie effecten ten opzichte van de hierboven beschreven ruisen. Men werkt hiermede veel beter onder voor iedere patient of proefpersoon gelijke omstandigheden. Bovendien geven deze dubbele koptelefoons met afsluitende rubberranden nog een isolatie van 15 à 20 db.

B. Prikkelmateriaal

Hiervoor zijn phonetisch gebalanceerde lijsten gebruikt. Zij voldoen aan de volgende eisen:

1. gemiddeld gelijke moeilijkheid van de lijsten;
2. gelijke verhoudingspercentages van phonemen in elke lijst;
3. de verwerkte phonemen zijn verhoudingsgewijs representatief voor de Nederlandse omgangstaal.

Techniek voor opname van de woordlijsten.

De sprekers van de woordlijsten werden voor de opname steeds geïnstrueerd zoveel mogelijk met gelijkblijvende inspanning te spreken. Naast de microfoon van de bandrecorder staat bij de opname een microfoon van een geluidsniveaumeter. Als geluidsniveaumeter hierbij werd gebruik de Sound-Levelmeter type 759 B van de General Radio Company. De waarden, aangegeven door de geluidsniveaumeter, waren tijdens de opname voor de spreker van de woordlijsten goed zichtbaar. Er werd nu met zoveel mogelijk gelijkblijvende inspanning gesproken op een bepaald geluids-intensiteitsniveau. Dit niveau kon op de boven aangegeven wijze door de betrokken spreker voortdurend worden gecontroleerd.

Aangezien zoveel mogelijk is getracht de natuurlijke omstandigheden te benaderen, is steeds met een achtergrondgeruis gewerkt. De signaal-ruisverhouding is bij ons onderzoek resp. 30 db en 10 db geweest. De signaal-ruisverhouding wordt aangegeven door signal/noise 30 of signal/noise 10, afgekort als S/N 30 resp. S/N 10. De achtergrondruis bestond uit een blanke ruis, geproduceerd door een Random-Noise Generator, type 1390 A van de General Radio Company. Deze generator werd daarbij ingesteld op 20 kc, waarbij de geproduceerde ruis van 30 Hz tot 20.000 Hz binnen 1 db speling recht is.

Het intensiteitsniveau van de acoustische output werd ook hier gecontroleerd met behulp van een Sound-Levelmeter type 759 B van de General Radio Company.

De sprekers

De resultaten betreffende het kwalitatief en het kwantitatief spraakaudiometrisch onderzoek zouden kunnen worden beïnvloed doordat steeds één bepaalde spreker de woordlijsten spreekt. Teneinde een dergelijke beïnvloeding zoveel mogelijk te voorkomen zijn alle door ons gebruikte woordlijsten door vier verschillende sprekers gesproken en op de band vastgelegd. Van de vier sprekers waren twee mannen en twee vrouwen.

Fluisterspraak

Behalve met stemhebbende spraak is het spraakaudiometrisch onderzoek ook uitgevoerd met fluisterspraak. De woordlijsten zijn door dezelfde vier sprekers ook gefluisterd, onder inachtneming van dezelfde voorzorgen als hierboven voor de stemhebbende spraak is uiteengezet.

C. De gebruikte woordlijsten

a. Nederlandse lijsten

1. P.B.N.lijsten

Naast de reeds bestaande Groninger fonetisch gebalanceerde lijsten zijn fonetisch gebalanceerde lijsten uit zogenaamde nonsenswoorden samengesteld. Nonsenswoorden zijn woorden, die bestaan uit een combinatie van enkele fonemen welke in de gekozen volgorde géén zinvol woord vormen. Ook deze zijn bij dit onderzoek gebruikt. Ter onderscheiding van de gewone P.B.lijsten worden zij aangeduid als P.B.N.lijsten.

2. P.D.lijsten

Ten behoeve van het kwalitatief spraakaudiometrisch onderzoek werden ook nog samengesteld lijsten bestaande uit woorden, die bij verandering van één phoneem van betekenis veranderen, doch echter wel zinvol blijven. Deze lijsten werden genoemd Phonem Discriminatie lijsten (P.D.lijsten).

3. P.B.lijsten

De patienten, van wie de dagelijkse omgangstaal niet het algemeen beschaafd Nederlands is, kunnen soms bij gebruik van de Groninger P.B.lijsten enkele bijzondere moeilijkheden geven. Als regel is echter bij het overgrote deel van hen de kennis van de Nederlandse taal zo goed, dat de Groninger P.B.lijsten wel te

gebruiken zijn. Toch houde men er rekening mede, dat een deel der tekstwoorden uit de P.B.lijsten in die gevallen moet worden beschouwd als nonsenswoorden. Het spraakaudiogram zal hiervan een zekere invloed ondervinden, nl. op een iets hoger intensiteitsniveau zijn gelegen en niet geheel de 100% waarde bereiken. Deze moeilijkheden zijn derhalve voor de practijk niet byzonder storend.

Wij hebben overwogen deze moeilijkheid te ondervangen door de P.B.lijsten meer plaatselijk aan te passen. Het friso-saksisch, dat in de omgeving van deze stad gesproken wordt, vertoont echter plaatselijk aanmerkelijke verschillen. Hierdoor zou men, wilde men noemenswaarde voordelen bereiken, genoopt zijn voor deze verschillende betrekkelijk kleine gebieden aparte lijsten samen te stellen. Gezien de geringe moeilijkheden, die wij tot nu toe bij gebruik van de P.B.lijsten ondervonden, zijn wij hiertoe niet overgegaan.

b. *Friese lijsten* *)

Voor het Fries lag de zaak enigszins anders. Dit verschilt belangrijk van het Nederlands. Ook vertoont het Fries binnen zijn taalgebied niet zo grote variaties als in deze omgeving het friso-saksisch, zodat hierbij met één type lijsten kon worden volstaan. Deze lijsten zijn samengesteld in het Fries Instituut onder leiding van Prof. Dr J.Brouwer nadat eerst door hem en zijn medewerkers een onderzoek naar de frequentie van het voorkomen van de verschillende phonemen in het Fries was gedaan. Als uitgangspunt hiervoor zijn gekozen de prozastukken van P.Sipma, *Phonology and Grammar of Modern West Fries* (Oxford 1914), negen stukken van uiteenlopende aard, in totaal een kleine 5000 woorden (14618 klanken). Daarbij is de door Sipma toegevoegde phonetische transcriptie gebruikt, waarbij de duidelijke drukfouten werden gecorrigeerd en tweeklanken werden onderscheiden die door Sipma in één phonetisch teken zijn verantwoord. Daar Sipma hierbij de phonetische transcriptie in eigen uitspraak weergaf is het zgn. Kleifries gepresenteerd; het Woudfries zou enkele lichte afwijkingen te zien geven, het Fries uit de Zuidwesthoek meer. De tabel, waarin de resultaten van het onderzoek van Prof. Brouwer zijn samengevat, is hieronder afgedrukt.

*) Voor de samenstelling van de lijsten zeggen wij ook alle medewerkers van het Fries Instituut, die hiervoor zoveel tijd beschikbaar stelden en de Friese studenten, die hierbij behulpzaam waren, van harte dank.

Tabel 2

1. <u>i</u> te,	12.79 pCt	46. <u>fj</u> ild,	0.29 pCt
2. <u>tü</u> d,	8.76	47. <u>ti</u> id,	0.29
3. <u>nú</u> t,	7.57	48. <u>li</u> lkens,	0.28
4. <u>r</u> ize,	5.70	49. <u>do</u> arp,	0.29
5. <u>dy</u> k,	5.54	50. <u>dwa</u> en,	0.27
6. <u>su</u> ver,	5.29	51. <u>mu</u> orre,	0.25
7. <u>lû</u> d,	3.67	52. <u>frj</u> emd,	0.23
8. <u>ma</u> n,	3.43	53. <u>ga</u> , .	0.19
9. <u>ke</u> ap,	3.35	54. <u>fa</u> n syn,	0.19
10. <u>fe</u> t,	2.74	55. <u>gnu</u> ve,	0.19
11. <u>ka</u> t,	2.67	56. <u>sko</u> ech,	0.14
12. <u>î</u> k,	2.41	57. <u>sj</u> onge,	0.13
13. <u>hâ</u> n,	2.21	58. <u>hyn</u> st,	0.11
14. <u>wi</u> jn,	2.14	59. <u>mo</u> ai,	0.10
15. <u>dy</u> k,	2.09	60. <u>Sne</u> ins,	0.09
16. <u>pa</u> k,	2.05	61. <u>j</u> insen,	0.09
17. <u>f</u> ier,	1.81	62. <u>gl</u> âns,	0.08
18. <u>bl</u> üd,	1.76	63. <u>ô</u> f,	0.08
19. <u>bie</u> n,	1.70	64. <u>ae</u> i,	0.07
20. <u>to</u> sk,	1.57	65. <u>lj</u> urk,	0.06
21. <u>pe</u> al,	1.35	66. <u>lj</u> ocht,	0.06
22. <u>j</u> ier,	1.28	67. <u>pri</u> uwe,	0.06
23. <u>he</u> it,	1.16	68. <u>de</u> un,	0.05
24. <u>lê</u> ze,	1.14	69. <u>oan</u> slach,	0.05
25. <u>jo</u> ng,	0.82	70. <u>fre</u> on,	0.04
26. <u>re</u> ad,	0.81	71. <u>le</u> auwe,	0.04
27. <u>g</u> rien,	0.77	72. <u>drú</u> f,	0.04
28. <u>go</u> ed,	0.78	73. <u>bran</u> je,	0.03
29. <u>bû</u> k,	0.73	74. <u>ro</u> ok,	0.03
30. <u>fa</u> ek,	0.71	75. <u>fran</u> je,	0.03
31. <u>ac</u> ht,	0.70	76. <u>dom</u> mens,	0.03
32. <u>fri</u> j,	0.64	77. <u>tsj</u> inje,	0.03
33. <u>lô</u> ge,	0.63	78. <u>hja</u> ,	0.03
34. <u>bo</u> at,	0.53	79. <u>on</u> witen,	0.02
35. <u>trie</u> d,	0.53	80. <u>j</u> ouns,	0.02
36. <u>goe</u> s,	0.51	81. <u>i</u> ens,	0.02
37. <u>nu</u> t,	0.47	82. <u>dau</u> we,	0.02
38. <u>stô</u> k,	0.41	83. <u>Matthae</u> us	0.02
39. <u>wen</u> je,	0.38	84. <u>kle</u> ur,	0.01
40. <u>ree</u> k,	0.38	85. <u>sieu</u> wen,	0.01
41. <u>stê</u> d,	0.36	86. <u>ste</u> an litte,	0.01
42. <u>kou</u> ,	0.34	87. <u>tsj</u> inje,	0.01
43. <u>deug</u> d,	0.31	88. <u>sj</u> enswize,	0.01
44. <u>hune</u> ,	0.31	89. <u>fjou</u> wer,	0.01
45. <u>dyn</u> je,	0.31	90. <u>blo</u> eisel,	0.01

Tabel 2 (vervolg)

91. <u>dru</u> ije,	0.01 pCt	94. <u>wen</u> st,	0.01
92. <u>moa</u> rn <u>s</u> breid,	0.01	95. <u>grou</u> nlizzing,	0.01
93. <u>mun</u> ster,	0.01	96. <u>nu</u> ver,	0.01

D. Vergelijking van de phoneemfrequentie van het Fries en het Nederlands

Bij een vergelijking van de phoneemfrequentie van het Fries en het Nederlands vallen enkele kenmerkende verschillen en ook enkele bijzondere overeenkomsten op:

1e. wat betreft de klinkers:

De klanken a (man), a (pa), ij (ijs), ee (beek) en oo (loop) zijn in het Fries veel minder frequent. Deze klanken komen alle in het Nederlands 2 à 3 maal zo vaak voor.

De klank ui (ruit) komt in het Fries in het geheel niet voor.

De klanken o (dom), o (pot) en oe (koek) komen daarentegen 2 à 3 maal zoveel voor in het Fries.

De klank e (bode) is in beide talen even frequent.

Het percentage, dat de klinkers gezamenlijk van het totaal der klanken uitmaken is voor het Fries en het Nederlands gelijk.

2e. wat betreft de medeklinkers:

Bij de gebruikelijke indeling op basis van de spreekbeweging (Zwaardemaker en Eykman) zijn verschillen in het algemeen hier niet zeer groot (zie tabel 3a en tabel 3b).

Tabel 3a

	Ned.	Fr.
Bilabialen (p b m)	5.64	6.57
Labiodentalen (w f v)	5.36	4.22
Dentalen (t d n)	22.86	29.75
Lateralen (l)	4.00	3.67
Ratelconsonanten (r)	6.50	5.70
Palatalen (j tj nj)	0.56	2.21
Velaren (k ch g ng)	7.98	5.81
Sibilanten (s z sj zj)	6.24	7.15
Stemspleetconsonant (h)	1.97	2.21

Tabel 3b

	Ned.	Fr.
Stemloze explosieven (p t k tj)	12.41	13.84
Stemloze fricatieven (f s ch sj h)	9.44	10.90
Stemhebbende explosieven (b d w)	8.35	10.48
Stemhebbende fricatieven (v z g zj r j l)	17.32	13.54
Nasalen (m n ng nj)	13.59	11.97

Er is een groot verschil in de frequentie van voorkomen van de palatalen. De stemloze explosieven en fricatieven zijn frequenter in het Fries, de stemhebbende fricatieven zijn in het Nederlands frequenter.

Beschouwt men de medeklinkers afzonderlijk dan vinden we:

- dat de Nederlandse g (dragen) in het Fries vrijwel niet voorkomt;
- dat de Nederlandse y (even) eveneens vrijwel geheel afwezig is;
- dat de klank t (tante) in het Fries enigszins frequenter en de klank n (nee) in het Fries aanzienlijk minder frequent is.

E. Samenstelling van de Friese fonetisch gebalanceerde lijsten

Bij de samenstelling van de fonetisch gebalanceerde lijsten voor het Nederlands zijn de fonemen, die in geringere frequentie dan 0.33% voorkomen, buiten beschouwing gelaten. In totaal werden aldus 37 verschillende fonemen in de lijsten verwerkt.

Bij de samenstelling van de fonetisch gebalanceerde lijsten voor het Fries is een enigszins andere werkwijze gevolgd. Hierbij zijn in totaal 44 verschillende fonemen in de P.B.lijsten verwerkt. De fonemen, die echter in het Fries zeer weinig voorkomen, zijn mee in rekening gebracht door ze te voegen bij gelijksoortige meer veelvuldig voorkomende fonemen.

De gevonden curve, die voor deze Friese lijsten het gemiddelde spraakaudiogram van een aantal normalen weergeeft is overeenkomstig curve A van fig. 4.

Het bleek niet noodzakelijk voor ons doel voor het „kleifries”, het „woudfries” en het „zuidhoeks” aparte lijsten met aangepaste uitspraak samen te stellen, de onderlinge verschillen zijn daarvoor te gering. Wel moet men er rekening mede houden, dat men uiteraard niet als fout aanmerkt een zuidhoekse uitspraak bij een patient uit die streek, indien de aangeboden lijst in het kleifries is gesproken.

De door ons gebruikte lijsten werden met een zuidhoeks en met een kleifriesse tongval gesproken, zij zijn in het algemeen

bij de verschillende Friestalige patienten, onafhankelijk van de streek van herkomst, wel door elkaar te gebruiken. Dit geldt althans voor het kwantitatief spraakaudiometrisch onderzoek. Hiervoor behoeft men niet over afzonderlijke versies van de lijsten in de drie belangrijkste tongvallen van het Fries: het woudfries, het kleifries en het zuidhoeks te beschikken. Of zulks ook voor het kwalitatieve onderzoek geldt kan in dit stadium van het onderzoek niet worden gezegd.

F. Instructie en opstelling bij het onderzoek

Aan de patienten werd bij het onderzoek een vrij uitvoerige instructie gegeven, waarbij werd verzocht, precies na te zeggen wat gehoord werd, en er daarbij niet op te letten of aan het gehoorde al dan niet betekenis kon worden toegekend.

De instructie aan de patient dient enigszins uitvoerig te zijn, teneinde goede resultaten te verkrijgen. Hoe geringer de intelligentie van de patient, des te meer tijd moet men besteden aan de instructie, voor men de test kan aanvangen.

Daarna worden de koptelefoons zorgvuldig over de oren van de patient aangebracht. Het was niet noodzakelijk de patient in een andere kamer te plaatsen. Het mechanische geruis, dat de tape-recorder oorspronkelijk maakte, kon door enkele correcties zodanig worden teruggebracht, dat het van geen invloed meer is geweest op de verrichte metingen, mede door het feit, dat het onderzoek in een geluidarme kamer geschiedde en een bijzonder type koptelefoons werd gebruikt.

De proefpersoon was met zijn rug naar het audiologisch instrumentarium gezeten, opdat de activiteiten van de onderzoeker zijn opmerkzaamheid niet zouden afleiden.

Voor de specifiek kwantitatief spraakaudiometrische onderzoeksmethoden verwijzen wij hier naar de desbetreffende hoofdstukken III en V.

Hoofdstuk III

HET KWANTITATIEVE ONDERZOEK NAAR DE VALIDITEIT

A. Inleiding en wijze van onderzoek

a. Het normale spraakaudiogram

In hoofdstuk I is aangegeven, op welke wijze men ter bepaling van de gehoorfunctie van een patient een spraakaudiogram kan samenstellen. In fig. 7 zijn enkele van dergelijke spraakaudiogrammen aangegeven.

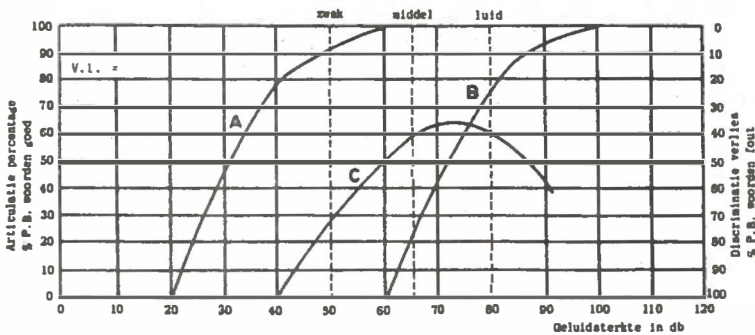


Fig. 7. *Spraakaudiogrammen*. Curve A normaalhorende, curve B geleidingsdove, curve C perceptiedove.

Langs de X-as wordt de intensiteit afgezet in decibel ten opzichte van het internationale standaardniveau van 0.0002 dyne/cm², langs de Y-as zet men het percentage goed verstaane woorden van de P.B.lijsten af.

Langs de Y-as, aan de rechter zijde in de figuur, kan men het percentage gemiste woorden – het zogenaamde discriminatieverlies – aflezen.

De als curve A aangegeven curve is het spraakaudiogram voor een normaalhorende.

Het voetpunt van het spraakaudiogram geeft het niveau aan, waarop het gemakkelijkst verstaanbare woord van een P.B.lijst nog juist goed wordt verstaan. Dit is de Limen voor Spraak Perceptie (L.S.P.) of threshold of sensitivity.

In dit diagram is het niveau, waarop 50% van de aangeboden woorden goed wordt verstaan, door een dik gedrukte lijn aangegeven. Dit niveau wordt aangeduid als: Limen Interaudibile (L.I.), ook wel threshold of speech intelligibility (T.I.), of speech reception threshold (S.R.T.).

Dit punt is van belang, omdat op het intensiteitsniveau, waarop omstreeks 50% van de woorden uit de P.B.lijsten niet meer worden verstaan, ook de verstaanbaarheid van de zinnen een critieke daling toont.

Met S, dit is de steilheid van de curve, duidt men de maximum steilheid aan, of te wel de maximale waarde van de verandering van het articulatiepercentage langs de curve. S wordt uitgedrukt in procent/db.

Dat percentage woorden van een P.B.lijst, dat bij een voor de proefpersoon optimum intensiteit van de aangeboden spraak niet goed kan worden nagesproken, noemt men het discriminatieverlies.

De curve A is het gemiddelde spraakaudiogram voor conversatiespraak voor P.B.lijsten aan een groot aantal normaalhorenden aangeboden. Het valt wellicht op, dat curve A enigszins, hoewel zeer weinig, verschilt van de door Reyntjes en Bleeker gevonden normale curven.

Hierbij dient te worden aangetekend, dat door ons steeds gewerkt is bij een signaal-ruis verhouding van 30 db, terwijl de apparatuur niet dezelfde was. Bovendien is het gevonden kleine verschil verklaarbaar uit het feit, dat de P.B.lijsten door andere sprekers zijn gesproken. Hahlbrock heeft nog onlangs op dit laatste gewezen.

De curven B en C (fig. 7) geven voorbeelden van een spraakaudiogram bij resp. een zuivere middenoor- en een zuivere binnenoordeofheid.

b. Invloed van enkele bijzondere condities bij het onderzoek

De lijsten werden zoals gezegd door verschillende sprekers gesproken. De vrouwenstemmen waren iets minder goed verstaanbaar dan de mannenstemmen. Dit komt overeen met vroegere publicaties hieromtrent.

De signaal-ruis verhoudingen bedroegen bij het onderzoek 30 db en 10 db. Voor normaalhorenden is de articulatiecurve bij deze verschillende signaal-ruis verhoudingen als afgebeeld in fig. 8a. Bij de geleidingsdoven zijn de hier gevonden resultaten geheel overeenkomstig deze figuur, zij het op een hoger intensiteitsniveau.

Bij de binnenoordoven wordt de indruk verkregen, dat zij relatief bij een hoger ruisniveau iets meer hinder ondervinden. Bijzonder belangrijk is dit verschil bij een signaal-ruis verhouding van 10 db nog niet. Uiteraard geldt dit voor een blanke ruis. Het geroezemoes van een groot aantal door elkaar sprekende stemmen is voor de discantdoven zeer hinderlijk.

Bij vergelijking van de uitkomsten van P.B.- en P.B.N.lijs-

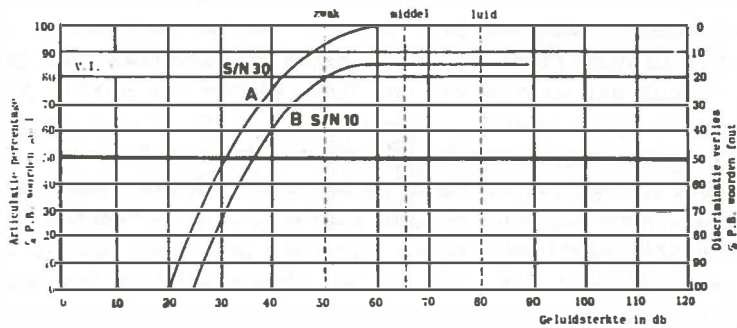


Fig. 8a. Spraakaudiogram van normaalhorenden bij S/N 30 en S/N 10.

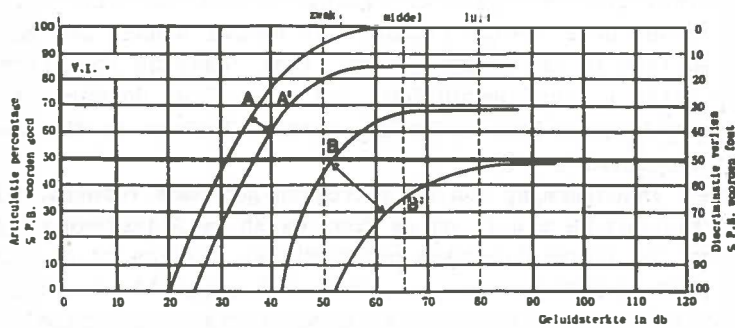


Fig. 8b. Spraakaudiogrammen van normaal horenden en hardhorenden bij gebruik van P.B. en P.B.N. lijsten. Curve A en A' normaal horenden. Curve B en B' hardhorenden.

ten is er een opmerkelijke afwijking betreffende het verschil in verstaanbaarheid van P.B.- en P.B.N.lijsten tussen normaalhorenden en hardhorenden. Het viel ons op, dat bij het kwantitatieve spraakaudiogram het verschil in verstaanbaarheid van de P.B.lijsten en de P.B.N.lijsten bij normaalhorenden geringer is dan bij hardhorenden, zie fig. 8b. Dit verschijnsel zal betekenen, dat op een niveau, waarop de normaalhorende niet weet te kiezen tussen bepaalde phonemen, de intelligente hardhorende, de beperktheid van de keuze bij betekenisvolle woorden uit ervaring kennende, reeds een keuze weet te maken. Op dit fenomeen komen wij in het vijfde hoofdstuk nog nader terug.

Hoewel deze methoden van validiteitsbepaling nog niet ideaal genoemd kunnen worden, is hun primaire grondslag: „het spraak-verstaan”, toch zeer juist. Zij hebben echter helaas nog geen algemene toepassing gevonden. En behalve de bekende fluister-spraaktests voor keuringen, die voor de wetgever in ons land nog het laatste nieuws zijn (zie ook hoofdstuk IV, pag. 55), worden elders validiteitsbepalingen op grond van het drempelaudiogram voor zuivere tonen veel toegepast.

Het is in verband met de grote betekenis, die aan de taxaties van de validiteit op grond van het toonaudiogram is toegekend en onder meer in de Verenigde Staten nog wordt toegekend, noodzakelijk ze hier uitvoerig te bespreken.

d. Methoden ter bepaling van de validiteitsindex op grond van het toonaudiogram

De bekendste methoden zijn die van:

1. Fowler;
2. De American Medical Association (Bunch-Sabine);
3. Fletcher;
4. Fournier.

De eenvoudigste methode is die van de American Medical Association. In tabel 5 is het bij deze methode behorende getallenschema afgebeeld.

Tabel 5
Bepaling van het gehoorverlies volgens A.M.A.

AUDIOGRAM AND HEARING LOSS CHART

(PREPARED BY EDMUND F. FOWLER, M.D. AND P. E. SABINE, PH.D.)

NAME.....AGE.....NO.....

ADDRESS.....DATE.....

	OCTAVE FREQUENCIES				PER CENT HEARING LOSSES	
	128	256	512	1024	2048	4096
HEARING LOSS IN DECIBELS	0					
	10	2	3	4	5	
	20	5	6	7	8	
	30	11	12	13	14	
	40	16	17	18	19	
	50	21	22	23	24	
	60	26	27	28	29	
	70	31	32	33	34	
	80	36	37	38	39	
	90	41	42	43	44	
	100	46	47	48	49	
						PER CENT HEARING LOSSES
						RIGHT EAR LEFT EAR
						512 1024 2048 4096
						TOTAL
						COMPUTATION OF PER CENT LOSS OF CAPACITY TO HEAR SPEECH
						(A) 75 TOTAL PER CENT LOSS, BETTER EAR
						(B) 15 TOTAL PER CENT LOSS, WORSE EAR
						(C) SUM (A) + (B) =
						(D) PER CENT BINAURAL LOSS, C ÷ 2 =
						RECORDED BY
						COPYRIGHT, AMERICAN MEDICAL ASSN.

INSTRUCTIONS: Plot the hearing losses by air conduction for each ear at the four frequencies shown, and connect contiguous points by straight lines. The per cent loss assigned to each octave interval is the figure immediately above the horizontal line. Set down these figures in the four spaces under right and left ear, in the columns to the right of the chart. Add each column and compute the binaural per cent loss of capacity to hear speech, as indicated.

In dit schema wordt het gevonden drempelaudiogram ingetekend en dan het percentage gehoorverlies berekend door uit de onder de frequenties 512, 1024, 2048 en 4096 aangegeven getallen die samen te tellen, waar de lijn van het audiogram juist onderlangs loopt. Daarna wordt het binaurale verlies berekend door zeven maal het procentuele verlies aan het beste oor met éénmaal het verlies aan het slechte oor samen te tellen en de aldus verkregen waarde door 8 te delen.

Uiteraard gelden voor deze methode de eerder door ons aangegeven bezwaren (zie pag. 14). Maar er zijn nog meer ernstige bezwaren tegen aan te voeren. Deze zijn vooral naar voren gebracht door Fowler, één der leden van de commissie, welke door de American Medical Association onder meer in verband met dit vraagstuk was ingesteld (Committee on Audiometers and Hearing Aids of the American Medical Association).

Fowler heeft zeer vurig de door hem ontwikkelde methode verdedigd. In tabel 6a vindt men het schema, dat hij gebruikt voor het berekenen van het verlies per oor, hetwelk vrijwel gelijk is aan dat van de A.M.A. Dit laatste is in feite met enkele geringe wijzigingen hiervan overgenomen. Voor de berekening van het binaurale verlies echter gebruikt hij dan nog een tweede kabel (zie tabel 6b). In de kolom naast deze tabel doet hij dan ook nog een poging om te komen tot het mee in rekening brengen van de recruitment factor.

Tabel 6a
Bepaling van het gehoorverlies volgens E.P.Fowler.

SHOWING THE PRODUCT OBTAINED BY MULTIPLYING THE VARIOUS DECIBEL LOSSES BY THE WEIGHTING FIGURES.				
Speech Frequencies	512	1,024	2,048	4,096
Weightings	15%	30%	40%	15%
Db. Losses				
10	1.50	3.00	4.00	1.50
15	2.25	4.50	6.00	2.25
20	3.00	6.00	8.00	3.00
25	3.75	7.50	10.00	3.75
30	4.50	9.00	12.00	4.50
35	5.25	10.50	14.00	5.25
40	6.00	12.00	16.00	6.00
45	6.75	13.50	18.00	6.75
50	7.50	15.00	20.00	7.50
55	8.25	16.50	22.00	8.25
60	9.00	18.00	24.00	9.00
65	9.75	19.50	26.00	9.75
70	10.50	21.00	28.00	10.50
75	11.25	22.50	30.00	11.25
80	12.00	24.00	32.00	12.00
85	12.75	25.50	34.00	12.75
90	13.50	27.00	36.00	13.50
95	14.25	28.50	38.00	14.25
100	15.	30.	40.	15.

Tabel 6b
*Bepaling van het gehoorverlies volgens E.P.Fowler.
 Fowler's Table for Estimating Percentage Loss of Capacity for
 Hearing Speech in Monaural and Binaural Deafness*

	Weighted Decibel Loss - Better Ear										Recruitment Factor	
	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	Apply corrections before averaging A.C. losses
Weighted Decibel Loss - Worse Ear	0	0										Subtract from A.C. loss, for B.C. loss < 15 db., 0
	10	0	2									15 5
	20	1	5									20 4
	30	1	3	9								25 3
	40			14								30 2
	50	2	4	12	20							35 1
	60				27							40 0
	70	3	5	14	24	35						Add to A.C. loss, for B. C. loss = 45 2
	80					44						50 5
	90	4	6	15	27	40	54					Over 50 6
100	5	7	16	29	44	59	71					Weighted decibel loss is the sum of the corrected A.C. losses at the following frequencies, times the corresponding percentage factors: 512 1.024 2.048 4.096
	6	8	17	30	47	63	76	84				15% 30% 40% 15%
	7	9	18	31	49	66	80	88	93			The percentage loss will be indicated at the intersection of a vertical line from decibel loss in better ear with a horizontal line from decibel loss in worse ear
	8	10	19	32	50	68	83	91	96	98		
	9	11	20	33	51	69	85	93	97	99	100	(Test in a soundproof room)
	Percentage Loss of Capacity											

A.C. indicates air conduction, and B.C., bone conduction.

De derde methode is die ontwikkeld door Fletcher. Fletcher is ongetwijfeld één van de eersten geweest, die met behulp van het toondrempelaudiogram heeft getracht de validiteit voor het gehoororgaan te bepalen. Hij heeft echter in de door hem gepropageerde techniek herhaaldelijk wijzigingen aangebracht. Hieronder volgt een samenvatting van de meest recent door hem aangegeven werkwijze.

1. Bij het toonaudiogram worden de volgende 7 frequenties bepaald en in rekening gebracht:

125, 250, 500, 1000, 2000, 4000, 8000 Hz.

Noem de voor het rechter oor verkregen waarden dan

$R_1, R_2, R_3, R_4, R_5, R_6, R_7$.

en die voor het linker oor

$L_1, L_2, L_3, L_4, L_5, L_6, L_7$.

2. Vaststelling van het effectieve verlies (E) voor elk van deze frequenties als beide oren worden gebruikt.

Fletcher heeft berekend, dat als een patient aan één oor totaal doof is, er slechts een verlies aan luidheidsniveau is ter grootte van 12 db. Van dit standpunt uitgaande zal het effectieve gehoorverlies dus liggen tussen dat van het beste oor en een waarde van 12 db beneden dit niveau.

Daarbij heeft de hardhorende echter ook de mogelijkheden, die het binaurale horen biedt, verloren. Zodat in feite het effectieve verlies groter zal zijn, dan als wij alleen uitgaan van het luidheidsstandpunt. Fletcher schat het effectieve verlies daarom tweemaal zo hoog, dus 24 db.

Bij de volgende verschillen in db gehoorscherppte tussen rechts en links of tussen links en rechts rekent hij dan:

R-L of L-R	=	5	10	15	20	25	30	35	40	50	60	70	100
E-L of E-R	=	4	8	12	15	17	19	20	21	22	23	24	24

De waarde van E is nu dus het gehoorverlies van het beste oor plus één der waarden van bovenstaande tabel, die afhangt van het verschil tussen beide oren.

Men ziet, dat bij één normaal oor en één totaal doof oor het totale effectieve verlies volgens Fletcher moet worden gerekend 24 db te zijn; of te wel, dat zijn handicap dezelfde is als die van iemand, die beiderzijds 24 db doof is. Dit, zegt Fletcher „corresponds roughly to my limited experience with persons having these two types of hearing loss”.

Neem nu bij frequentie 125 het verschil $L_1 - R_1$ of $R_1 - L_1$ en bereken uit de tabel E_1 . Op dezelfde manier wordt E_2 , E_3 , E_4 , E_5 , E_6 , E_7 gevonden voor de andere frequenties.

3. Bepaling van het percentage gehoorverlies voor iedere frequentie.

Het verschil tussen de gehoordrempelniveau's en de pijn-drempelniveau's is voor de verschillende frequenties zeer verschillend en bedraagt:

p =	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz
	75 db	85 db	100 db	105 db	105 db	105 db	100 db

Zo krijgt men voor de verschillende frequenties op de volgende wijze een percentage vastgesteld.

bij 125 Hz: $100 (E_1/75) = p_1$
 250 Hz: $100 (E_2/85) = p_2$ etc.

4. Bepaling van het gewogen gemiddelde percentage van gehoorverlies (P).

Te berekenen valt

$$P = \sum_{R=1}^{R=7} W_r P_r$$

Van een luidheidsgezichtpunt valt volgens Fletcher de relatieve betekenis van de verschillende frequenties als volgt aan te geven:

freq =	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz
k =	1	2	3	4	5	6	7
Wk =	0.05	0.025	0.125	0.27	0.31	0.22	0.045

Van het gezichtspunt van het spraakverstaan zouden zij bedragen:

$$W_k = 0 \quad 0.04 \quad 0.13 \quad 0.23 \quad 0.30 \quad 0.25 \quad 0.05$$

Aangezien tussen beide geen groot verschil bestaat, werd het rekenkundig gemiddelde genomen:

$$W_k = 0.003 \quad 0.037 \quad 0.13 \quad 0.25 \quad 0.30 \quad 0.23 \quad 0.05$$

dan

$$P = 0.003 E_1 + 0.04 E_2 + 0.13 E_3 + 0.25 E_4 + 0.30 E_5 + 0.23 E_6 + 0.05 E_7.$$

5. Voorbeeld van een methode tot berekenen van P:

k =	1	2	3	4	5	6	7
f =	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz
L =	10 db	10 db	15 db	25 db	25 db	50 db	50 db
R =	20 db	15 db	20 db	30 db	45 db	55 db	40 db
E =	16 db	14 db	19 db	29 db	40 db	54 db	48 db
P =	0.003	0.04	0.13	0.25	0.30	0.23	0.05
WP =	0.1%	0.6%	2.5%	7.0%	11.6%	11.9%	2.4%
P = $\sum E W$	= 36%.						

6. De laatste overweging van Fletcher betreft de relatie van het percentage gehoorverlies tot eventueel toe te kennen compensatie. Deze betrekking is uiteraard niet lineair, doch kan volgens Fletcher wel eenvoudig met behulp van de volgende figuur (fig. 9) worden afgelezen.

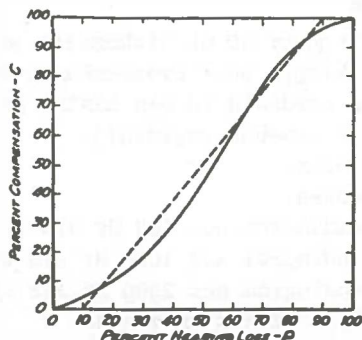


Fig. 9. Bepaling van het compensatie percentage uit het percentage gehoorverlies volgens H. Fletcher.

J.E.Fournier heeft voorgesteld het verlies voor de spraak in decibels uit te drukken en dan bij horizontale of licht opstijgende audiogramcurven het rekenkundige gemiddelde van het verlies bij 1024 en 2048 Hz te nemen. Is het verschil in drempelwaarde tussen 2048 en 512 groter dan 15 db, of betreft het een dalende curve, dan neemt hij het gemiddelde van de beide gemiddelden van

512 en 1024 Hz en van 1024 en 2048 Hz. Fournier zegt dan, dat het aldus berekende aantal decibels het verschil tussen Limen Inter-audibile voor het zieke en het normale oor aangeeft. Deze waarden zijn volgens hem geschikt als validiteitsindex.

e. Vergelijking van de verschillende validiteitsindices

De bedoeling van de hierboven behandelde validiteitsindices is dus een maat te geven voor de waarde van de functie van een pathologisch gehoororgaan ten opzichte van een gezond gehoororgaan. De thans meest gebruikelijke methoden drukken alle deze waarde uit in procenten; een uitzondering hierop vormen de door Fournier aangegeven methoden. Doordat de eerstgenoemde methoden alle een vergelijkbare schaal gebruiken, zijn de daarmee verkregen resultaten ook onderling vergelijkbaar. Zowel de op basis van de toonaudiometrie als de op basis van de spraaudiometrie door Fournier aangegeven methoden worden uitgedrukt in een verliescijfer, waarbij de decibel als eenheid gebruikt wordt. Deze twee methoden zijn uitsluitend onderling te vergelijken.

De validiteitsindices van een groep patienten zijn voor elk der hierboven aangegeven methoden berekend. De onderlinge overeenkomst van de uitkomsten voor de verschillende methoden was zeer gering. De methoden bleken in het geheel niet onderling verwisselbaar, terwijl zij toch dezelfde grootte beoogden aan te geven.

Teneinde na te gaan of de uitkomsten wellicht bij bepaalde soorten gehoorafwijkingen meer overeenkomst zouden vertonen, zijn daarop de patienten verdeeld in een aantal groepen. Op de volgende wijze werden deze groepen ingedeeld:

A. Geleidingsdoven.

B. Binnenoordroven.

1. abrupt audiogram met 500 Hz als afsnijfrequentie;
2. abrupt audiogram met 1000 Hz als afsnijfrequentie;
3. abrupt audiogram met 2000 Hz als afsnijfrequentie;
4. geleidelijk dalend audiogram.

Daarna werden in ieder dezer groepen de uitkomsten van de bovenvermelde methoden vergeleken. Ook in de verschillende groepen bleek de onderlinge overeenkomst zeer gering.

In de figuren 10, 11, 12, 13, 14, zijn respectievelijk voor ieder van de bovengenoemde groepen de uitkomsten van de validiteitsindices aangegeven. De diagrammen zijn zo samengesteld, dat de waarde van ieder der validiteitsindices voor ieder der patienten afzonderlijk is af te lezen.

Het zou onmogelijk zijn met behoud van overzichtelijkheid en leesbaarheid van de diagrammen al de verschillende relaties, die tussen de diverse validiteitsindices zouden kunnen worden aange-

geven, daarin af te beelden. Zij zijn wel alle door ons berekend. Het algehele beeld zou door toevoeging van meer relaties niet veranderen.

De volgende verhoudingen zijn nu uit de diagrammen direct af te lezen:

1. Relatie V.I. volgens Walsh-Silverman tot V.I. volgens American medical association; in de figuren aangegeven door x, waarbij de horizontale as het validiteitspercentage volgens eerstgenoemden, de verticale as het validiteitspercentage volgens laatstgenoemde aanduidt.
2. Relatie V.I. volgens Walsh-Silverman tot V.I. volgens Hallowell Davis in de figuren aangegeven door o, waarbij de horizontale as het validiteitspercentage volgens eerstgenoemden, de verticale het validiteitspercentage volgens laatstgenoemde aanduidt.
3. Relatie V.I. volgens Fowler tot V.I. volgens Fletcher; in de figuren aangegeven door Δ , waarbij de horizontale as het validiteitspercentage volgens eerstgenoemde, de verticale het validiteitspercentage volgens laatstgenoemde aanduidt.
4. Relatie V.I. volgens Fowler tot V.I. volgens Hallowell Davis; in de figuren aangegeven door +, waarbij de horizontale as het validiteitspercentage volgens eerstgenoemde, de verticale het validiteitspercentage volgens laatstgenoemde aanduidt.
5. Relatie V.I. volgens Fournier (op basis van de toonaudiometrie) tot V.I. volgens Fournier (op basis van de spraakaudiometrie); in de figuren aangegeven \square , waarbij de horizontale as het validiteitspercentage volgens de eerste, de verticale het validiteitspercentage volgens de laatste methode aanduidt; Wordt de 50% articulatiepercentage waarde bij het spraakaudiogram niet bereikt, dan is in de figuur bij de x ordinaat 100 het niveau in db aangegeven, waar het hoogste articulatiepercentage is bereikt onder vermelding van dit percentage.

De spreiding der langs de verschillende wegen verkregen resultaten is bijzonder groot en wel voor alle groepen. Zij is veel groter dan vóór de aanvang van het onderzoek door ons werd verwacht.

Voor zover er nog enige overeenkomst bestaat, laat deze zich in het volgende samenvatten:

1. Bij een abrupt audiogram met afsnijfrequentie bij 2000 Hz (fig. 13) liggen de validiteitswaarderingen, behoudens enkele uitzonderingen, boven 50%.
2. Bij een abrupt audiogram met afsnijfrequentie bij 1000 Hz (fig. 12) liggen de validiteitswaarderingen in het algemeen tussen 25 en 65%.
3. Bij een abrupt audiogram met afsnijfrequentie bij 500 Hz (fig.

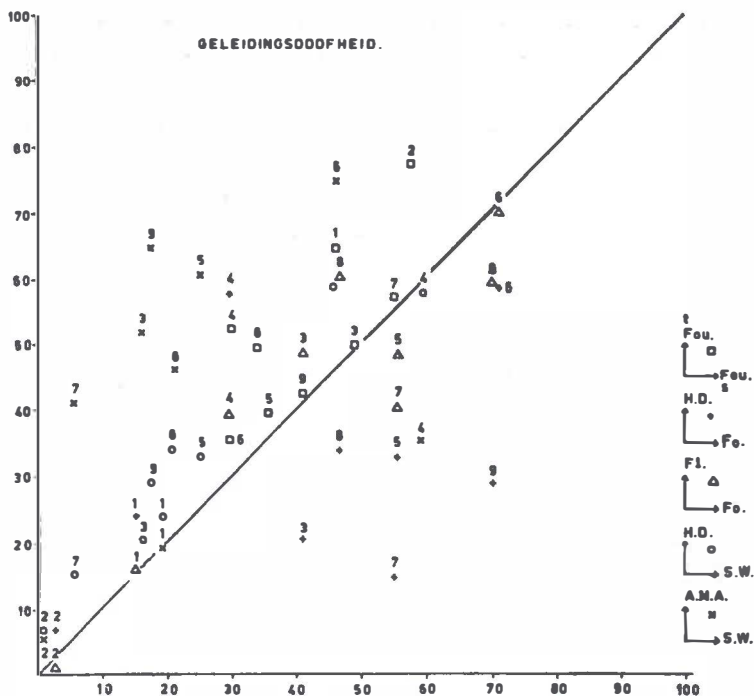


Fig. 10. *Relatie der validiteitsindices bij enige geleidingsdoven.*
(Verklaring ook van de fig. 11, 12, 13 en 14, zie de tekst)

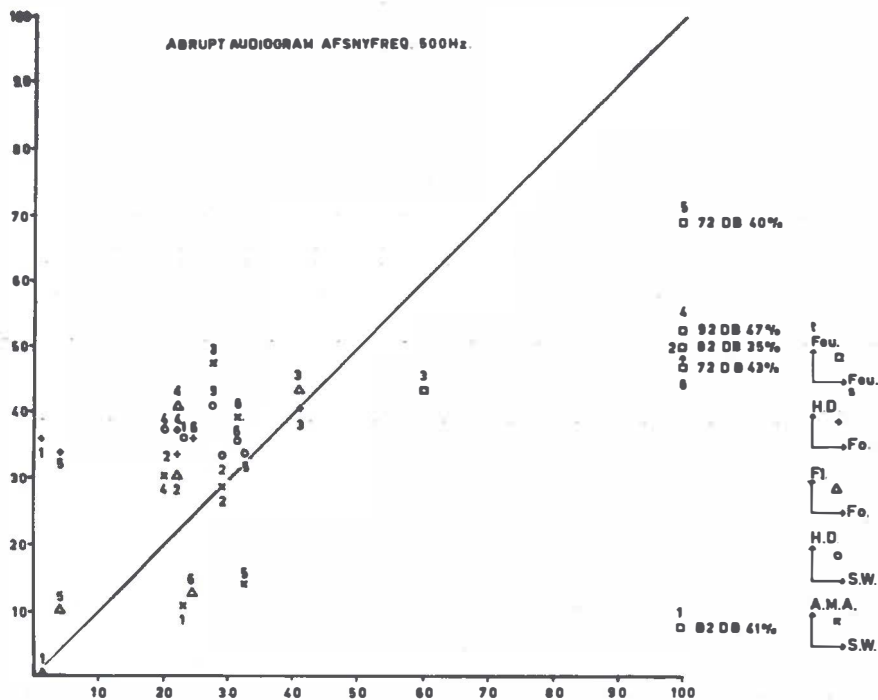


Fig. 11. *Relatie van de validiteitsindices bij perceptie doven met een abrupt audiogram (afsnijfrequentie 500 Hz).*

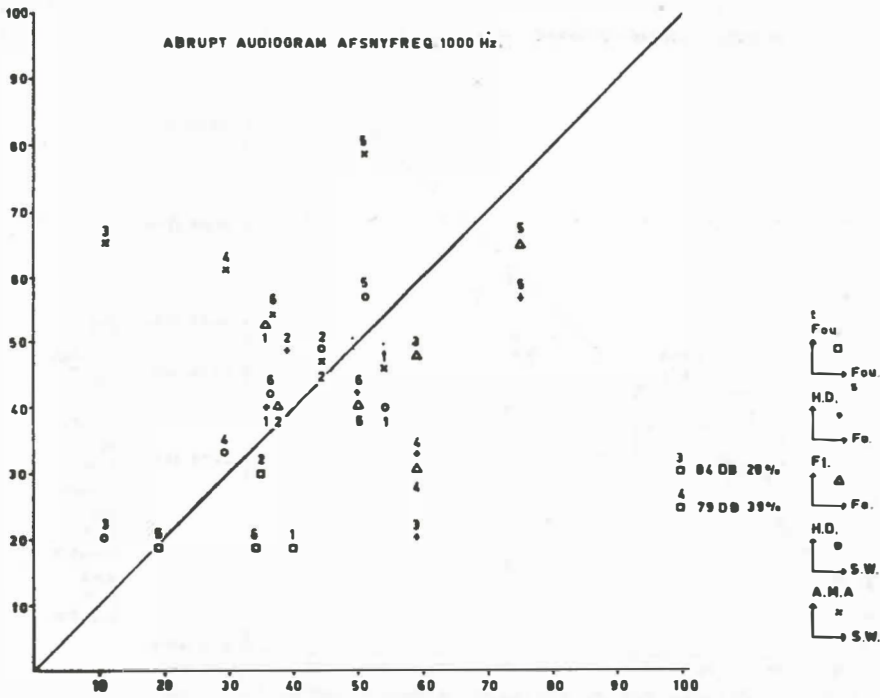


Fig. 12. Relatie van de validiteitsindices bij perceptie doven met een abrupt audiogram (afsnijfrequentie 1000 Hz).

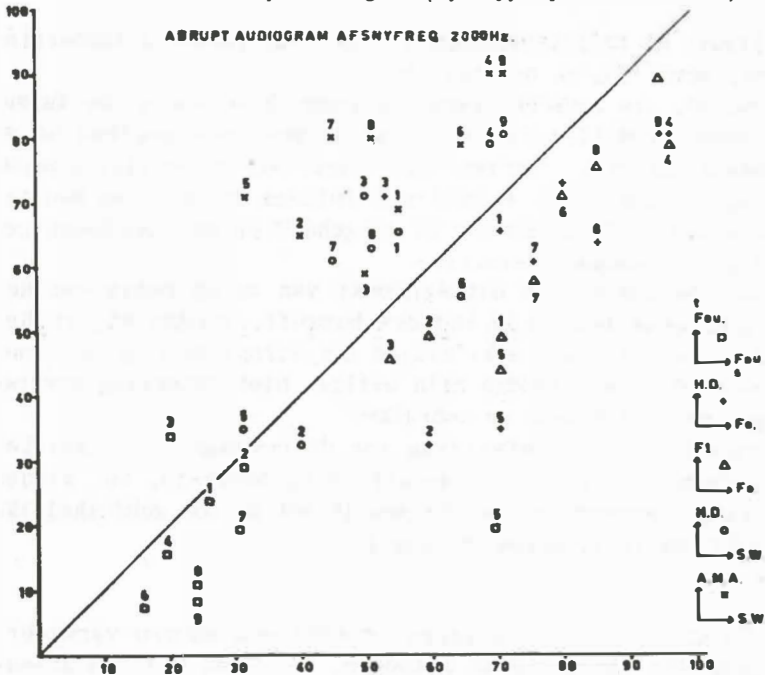


Fig. 13. Relatie van de validiteitsindex bij perceptie doven met een abrupt audiogram (afsnijfrequentie 2000 Hz).

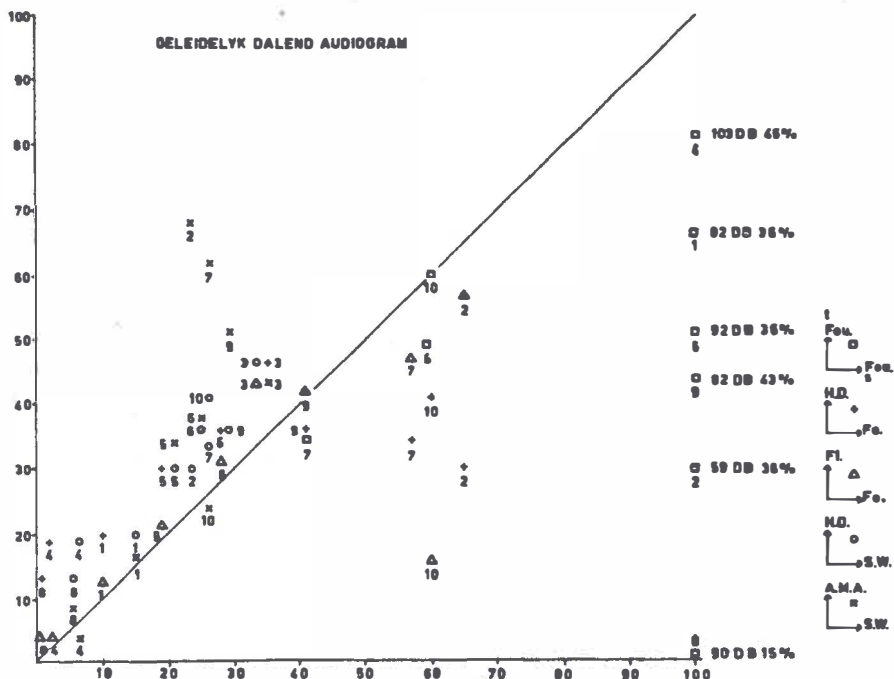


Fig. 14. Relatie van de validiteitsindices perceptie doven met een geleidelijk dalend audiogram.

- 11) liggen de validiteitswaarderingen, op enkele uitzonderingen na, boven 10% en beneden 50%.
4. De indices, die berekend worden volgens de methoden van Walsh-Silverman of Hallowell Davis (beide methoden gegrond op de spraakaudiometrie), leveren, als regel, bij al de vijf groepen een lagere waarde dan de methoden volgens de American Medical Association, volgens Fowler of volgens Fletcher (methoden gegrond op de toonaudiometrie).
5. Ook wat de onderlinge overeenkomst van de op basis van het toonaudiogram berekende indices betreft, vonden wij in het algemeen veel grotere afwijkingen dan oorspronkelijk door ons was verwacht. De methoden zijn beslist niet onderling verwisselbaar of door elkaar te gebruiken.
6. Hoe minder de gehoorafwijking van de bovengenoemde groepen overeenkomst vertoont met de geleidingsdoofheid, hoe minder onderlinge overeenkomst er tussen de tot nu toe gebruikelijke methoden van validiteitsbepaling is.

Zoals reeds op theoretische gronden kon worden verwacht, levert géén der voorgestelde methoden, die zich baseren op een toonaudiogram, overeenkomstige resultaten met een der methoden gebaseerd op het spraakaudiogram.

Aangezien de validiteit van het gehoororgaan in het algemeen in overwegende mate wordt bepaald door het spraakverstaan, kan ook geen der methoden op basis van het toondrempelaudiogram uiteindelijk voldoen.

De methode berustend op het spraakverstaan voorgesteld door Hallowell Davis levert niet, zoals door hem verwacht, steeds overeenkomstige resultaten als de methode van Walsh-Silverman. De oorzaak hiervan is, dat Hallowell Davis het vraagstuk meer heeft vereenvoudigd dan toelaatbaar is.

Het is niet juist, dat een spraakaudiogram slechts op twee wijzen (door verschuiving langs intensiteitsas en door verlaging van het maximum articulatiepercentage) van aspect kan veranderen. Afhankelijk van het type doofheid kan de steilheid van de curve veranderlijk zijn, en ook is het niet mogelijk het maximum articulatiepercentage bij een willekeurig hoge intensiteit vast te stellen. In vervolg op de waarnemingen van Reyntjes kwamen wij namelijk bij herhaling curven van het R-type tegen, waarbij sprake is van een optimum intensiteit voor het spraakverstaan.

In groep A, waar alleen maar sprake is van zuivere geleidingsdoofheid, zijn, zoals te begrijpen is, nog het best onderling overeenkomstige relaties voor de op spraakaudiometrie berustende methoden te onderkennen. Hier geven de methoden volgens Hallowell Davis en Walsh-Silverman inderdaad binnen ruime grenzen overeenkomstige resultaten. Dat zij toch niet geheel overeenkomstige resultaten opleveren, komt, doordat de steilheid van de articulatiecurve van patient tot patient ook bij geleidingsdoven nog enigszins kan uiteenlopen. Ook bij de geleidingsdoven is de methode volgens Walsh-Silverman te prefereren, omdat zij als methode met drie waarnemingspunten een betere taxatie geeft dan de methode volgens Hallowell Davis, die hier feitelijk op één waarneming berust.

Zelfs bij de geleidingsdoofheden zijn de afwijkingen van de verschillende methoden, berustend op de toonaudiometrie, nog groot. Het accepteren van meer en andere frequenties in het toonaudiogram als beslissend voor de validiteit en het toekennen van een verschillend gewicht aan deze frequenties heeft tot gevolg, dat de verschillende methoden gemiddeld over een serie van 9 geleidingsdoven onderling relatieve afwijkingen van meer dan 40% vertonen, waarbij de uiterste verschillen in waardering enkele honderden procenten bedragen.

Het komt ons voor, gezien het bovenstaande, dat men voor de vaststelling van de validiteit beter doet geheel van die bereke-

ningen, die zich uitsluitend op het toonaudiogram baseren, af te stappen. Ook de vereenvoudiging van Hallowell Davis op de methode volgens Walsh-Silverman is niet bruikbaar.

f. Nadere bespreking van de methode volgens Walsh-Silverman

Ook tegen de methode van Walsh-Silverman zijn enige belangrijke bezwaren in te brengen.

I. Bij de vergelijking met de andere validiteitsindices is, hoewel een enigszins constante verhoudingsfactor ver te zoeken was, toch gebleken, dat in het algemeen de berekening volgens Walsh-Silverman tot lagere resultaten leidde. Het uiteindelijke cijfer van Walsh en Silverman staat echter ook niet in een lineaire verhouding tot de validiteit voor het spraakverstaan. De cijfers zijn immers afgeleid uit articulatiepercentages voor P.B. lijsten. En deze articulatiepercentages staan niet in lineaire verhouding tot die voor gehele zinnen. Aangezien het voor de hardhorenden veelal om het verstaan van zinnen gaat, moeten de volgens de methode van Walsh-Silverman verkregen cijfers herleid worden.

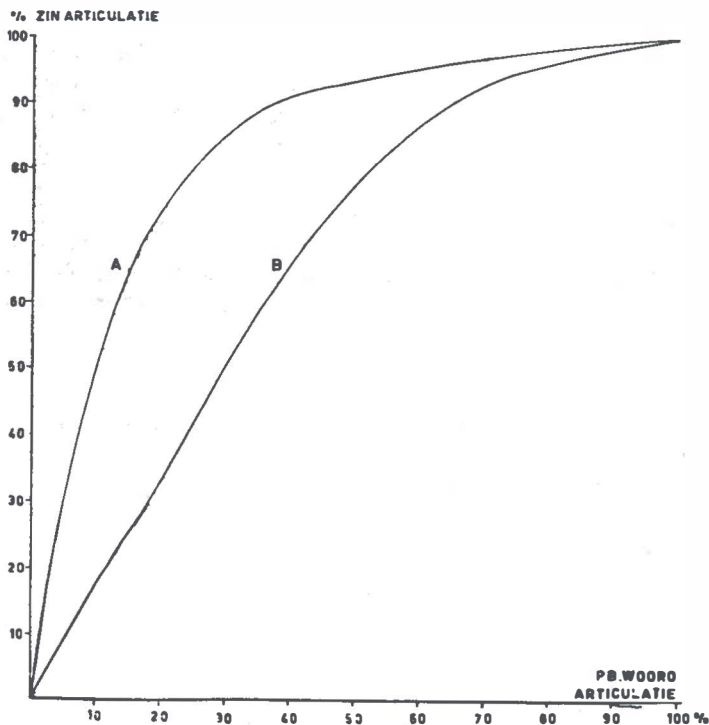


Fig. 15. Relatie van de verstaanbaarheid van P.B. lijsten en van zinnen.

Curve A: relatie articulatiepercentages zinnen - P.B. woorden volgens Fletcher

Curve B: een gemiddelde tussen het zinsarticulatiepercentage en het P.B.woord articulatiepercentage bij verschillende intensiteiten

Curve A fig. 15 geeft het articulatiepercentage van de zinnen als functie van het articulatiepercentage voor de woorden in een P.B.lijst. Uit de hieruit af te leiden betrekking volgt, dat Walsh-Silverman het geringe gehoorverlies relatief veel te hoog waarden ten opzichte van het ernstige verlies. Let men echter uitsluitend op de voor zinnen afgeleide articulatiepercentages, dan komt men te hoog uit, aangezien:

1. ook in de maatschappelijke omgang losse onsamenvhangende woorden en zinsgedeelten een belangrijke rol spelen (de mens houdt rekening met het ervaringsfeit, dat hij niet de gehele zin hoeft te zeggen om begrepen te worden);
2. het verstaan van zinnen bij lagere P.B.articulatiepercentages sneller vermoeidheid geeft.

Practisch bruikbaar is derhalve een gemiddelde tussen beide waarden, curve B geeft in fig. 15 een dergelijk gemiddelde aan.

II. In de tweede plaats is in de methode volgens Walsh-Silverman de signaal-ruis verhouding buiten beschouwing gelaten. Men komt waarschijnlijk tot een goede gemiddelde waarde, als deze op 20 db wordt gesteld. Eventueel kan bij een test voor bijzondere doeleinden bij de validiteitsbepaling met de bijzonder van belang zijnde S/N verhouding rekening worden gehouden.

III. In de derde plaats is het niet geheel juist aan de verkregen waarden bij de intensiteitsniveau's 55 db, 70 db en 85 db dezelfde waarde toe te kennen. Als het spraakgebied voornamelijk tussen 55 en 85 db zou gelegen zijn, is het juist de waarde bij 70 db tot het dubbele gewicht te waarden. Doch zulks is geenszins het geval, het intensiteitsniveau van de spraak bereikt slechts zeer zelden 85db en is als regel gelegen tussen 45 en 75 db (Fletcher, Dunn and White). Het is dus juist om de waardering te doen plaats vinden op basis van de articulatiepercentages tussen deze niveau's.

IV. In de vierde plaats zal het wellicht wenselijk zijn een correctiefactor toe te passen bij die doofheden (wij denken hier in het bijzonder aan de geleidingsdoven), die hetzij via een gehoorscherppte-verbeterende operatie, hetzij via een hoorprothese in belangrijke mate kunnen worden gecorrigeerd. Ook zal het zin hebben de validiteitsbepaling somtijds nog eens te doen herhalen, nadat aan het advies tot behandeling met hoortraining gevolg is gegeven.

V. In de vijfde plaats is het van betekenis het belang der waarschuwings- of wekgeluiden niet uit het oog te verliezen. In dat opzicht immers zijn de geleidingsdoven aanzienlijk meer ge-

handicapt dan vele discantdoven. Wij hebben de totale waarde hiervan gesteld op 10% van de totale validiteit. In verband met het belang, dat het richtinghoren hierbij speelt, hebben wij aan beide oren hetzelfde gewicht toegekend. De frequentie van 125 Hz kan dan aan beide oren voor 2% worden gewaardeerd en wel iedere 5 db van het drempelniveau tot 40 db voor 1/4%; de frequenties 250, 500 en 1000 Hz aan beide oren alle voor 1% en wel iedere 5 db van het drempelniveau tot 40 db voor 1/8 %.

g. Groninger Validiteits Index

Voor een validiteitsbepaling lijkt ons momenteel het opnemen van een spraakaudiogram met fonetisch gebalanceerde lijsten bij een signaal-ruis verhouding van 20 db aangewezen. Als validiteitspercentage van het gehoororgaan zal dan kunnen gelden 9/10 van het gemiddelde van de met behulp van curve b (zie fig. 15) gecorrigeerde articulatiepercentages.

Als formule hiervoor kan dan gelden:

$$\frac{1 \times S_1 + 1 \times S_2 + 1 \times S_3}{3}$$

Hierin stelt S_1 voor het articulatiepercentage bij 50 db, S_2 bij 60 db en S_3 bij 70 db.

Hierbij telt men de voor wekgeluiden gevonden validiteit op.

(Wenst men rekening te houden met de onder ten vierde genoemde correctiefactor, dan kan het gevonden discriminatieverlies mee in rekening worden gebracht, bijvoorbeeld door het bovengenoemde quotient te vermenigvuldigen met het volgens curve b afgeleide maximum articulatiepercentage.)

Uiteraard dient de voorgestelde validiteitsbepaling als algemene richtlijn voor gewone gevallen. Voor bijzondere beroepen dienen, afhankelijk van de eisen, die het beroep stelt, mede in verband met hetgeen in hoofdstuk VI wordt gezegd, bijzondere richtlijnen te worden gegeven.

Als voorbeeld en om aan te tonen, dat de vaststelling van de Groninger Validiteits Index geen ingewikkelde berekeningen eist, leiden wij deze hieronder voor een bepaalde patient af.

Berekening van de Groninger Validiteits Index van een patient waarvoor het spraakaudiogram en het toonaudiogram uit fig. 16 geldig zijn:

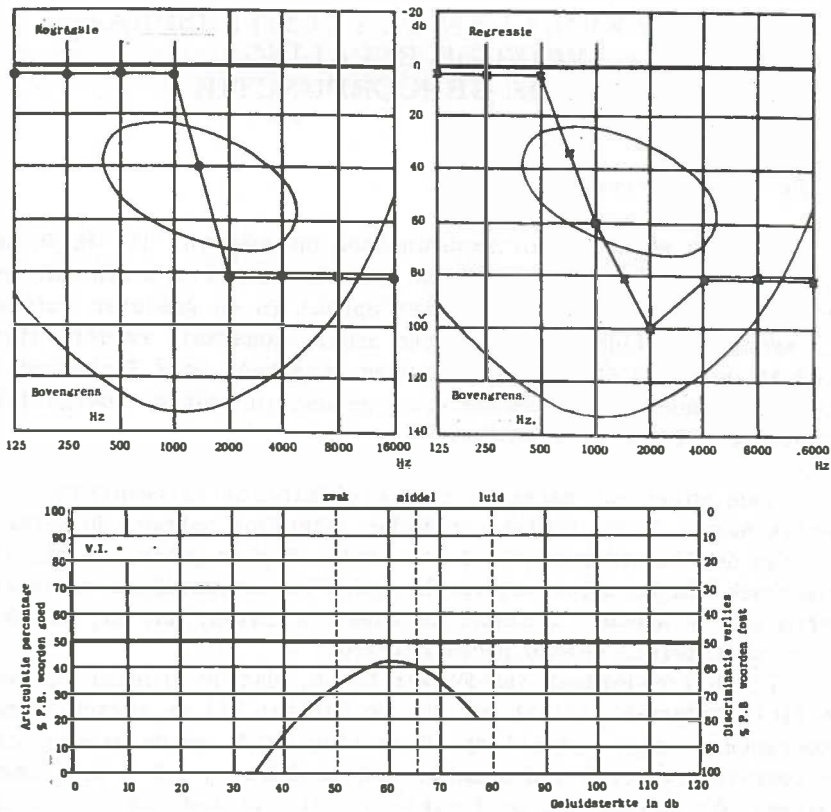


Fig. 16. Tonaudiogram en spraakaudiogram van bepaalde patient met berekening van de Groninger Validiteits Index.

$$V = 9/10 \times \frac{(30) + (45) + (35)}{3} + W$$

volgens fig. 15 kunnen we hiervoor schrijven:

$$V = 9/10 \times \frac{50 + 75 + 67}{3} + W$$

$$V = 3/10 \times 192 + W ; \quad W = 4 + 2 + 2 + 1$$

$$V = 57.6 + 9 = 66.6$$

DE BETEKENIS VAN DE FLUISTERSPRAAK
VOOR DE BEPALING
VAN DE GEHOORFUNCTIE

a. *De „fluisterspraaktest”*

In 1903 werd er door Zwaardemaker op gewezen, dat de in het vrije veld geldende wet, dat de geluidsintensiteit afneemt met het kwadraat van de afstand, niet opgaat in de gesloten ruimte. Hij meende destijds echter wel een andere constante relatie hiervoor in de gesloten ruimte te kunnen aangeven. Door Struycken is er in 1927 nog eens de aandacht op gevestigd, dat een dergelijke constante relatie niet bestaat.

Toen enigszins nauwkeuriger geluidsintensiteitsmetingen mogelijk waren, heeft Fowler een nader onderzoek omtrent de betekenis van de fluisterspraaktest ingesteld. Fowler gebruikte bij dit onderzoek één bepaalde onderzoekruimte. De onderzoekers waren ervaren in een „goede” fluistertechniek en wisten, dat zij hierbij op geluidsstrekte werden gecontroleerd.

Uit het onderzoek van Fowler bleek, dat de intensiteit van de fluisterspraak aan het oor van de patient bij de verschillende onderzoekers zeer uiteenliep. Deze liep zelfs zover uiteen, dat de conversatiespraak van sommige onderzoekers op 1,5 m een lagere intensiteit aangaf dan de fluisterspraak van anderen op 6 m afstand van de spreker.

Ook als door dezelfde onderzoeker werd gefluisterd, werden aanmerkelijke intensiteitsverschillen geconstateerd. Ook vond Fowler, dat eenzelfde onderzoeker luider fluistert, als hij uit een lawaaiige dan als hij uit een stille omgeving komt.

In 1949 is door Glorig een onderzoek naar de betekenis van deze wijze van onderzoek voor de conversatiespraaktest gedaan. Dit onderzoek verdient aandacht in verband met tal van bijzondere voorzorgen, die hierbij door hem waren getroffen.

In de eerste plaats werd de test gesproken door iemand, die door het Amerikaanse leger in het „Audiology and Speech Correction Center” van het Walter Reed General Hospital speciaal hiervoor was aangesteld en onder leiding van Glorig was geïnstrueerd. De man had de test enige duizenden malen uitgevoerd en, vóór het onderzoek begon, nog enige honderden malen herhaald onder controle van een geluidsniveaumeter.

Ook ten aanzien van de onderzoekruimte waren bijzondere voorzorgen genomen. Het plafond en de wanden waren voorzien van geluiddempend materiaal (softtone), terwijl op de vloer een tapijt lag. Toen men met de experimenten begon, bleek, dat toch nog te veel staande golven in het vertrek optraden. Als extra verbetering werden daarna de wanden nog met wollen dekens bekleed.

Ook bij deze opstelling met

- a. een zoveel mogelijk gestandaardiseerde onderzoeker, en
 - b. een zoveel mogelijk gestandaardiseerde onderzoekruimte
- was het Glorig niet mogelijk reproduceerbare resultaten te verkrijgen.

Gezien de grote waarde, die in de huidige wetgeving en ambtelijke voorschriften nog aan de fluisterspraaktest en conversatiespraaktest in besloten ruimten wordt toegekend, leken deze gegevens van grote betekenis. Aangezien deze voorschriften echter vooral de fluisterspraaktest betreffen, al dan niet in combinatie met de conversatiespraaktest, leek het gewenst het onderzoek van Glorig ook voor de fluisterspraaktest te doen.

Een eerste oriënterend onderzoek werd door ons ingesteld in een niet geluidarm vertrek. Het intensiteitsniveau werd gecontroleerd met behulp van een General Radio geluidsniveaumeter. Dit onderzoek bevredigde niet, aangezien

1. het maskerende geluid veelal een hogere intensiteit bleek te hebben dan de testwoorden;
2. de uitslagen van de geluidsniveaumeter te weinig gedempt waren om nauwkeurig te kunnen worden geregistreerd.

Het onderzoek is daarom herhaald in een stil vertrek met lager lawaainiveau dan als regel in een onderzoekvertrek bij de praktiserende oorarts wordt bereikt.

Teneinde tegemoet te komen aan het onder 2 vermelde bezwaar is door ons gebruik gemaakt van de op plaat II, pag. 23, afgebeelde apparatuur.

Dit instrumentarium is geheel van het fabrikaat van de firma Bruel en Kjaer te Kopenhagen. Het betreft hier een condensatormicrofoon type 4211. Deze microfoon is speciaal ontworpen voor metingen en heeft een hoge stabiliteit bij relatief geringe afmetingen. Daarnaast een microfoon-versterker type 2601, die is ontworpen voor vervormingloze versterking van kleine voltages. De totale versterking bedraagt 80 db, waarbij een goede stabilisatie wordt gehandhaafd bij constante versterking. De karakteristiek is lineair binnen $\pm 0,5$ db over een bereik van 20-20.000 Hz.

Als niveauschrijver werd gebruikt de „high-speed level recorder” type 2301. Dit instrument tekent de hem toegevoerde elec-

trische spanningsvariaties op een gelijkmatig voortbewogen strook papier aan. Het instrument schrijft over een breedte van 50 mm en de nauwkeurigheid is beter dan 1% van de schrijfbreedte. Werkt men met een potentiometer met bereik van bijvoorbeeld 50 db, dan is de schrijfnauwkeurigheid dus beter dan 0,5 db. De schrijfsnelheid kan worden gevarieerd van 100 tot 0,003 mm/sec.

Bij het met behulp van deze meetapparatuur uitgevoerde onderzoek bleek ons, dat in vele gevallen de geluidsintensiteit van het door eenzelfde onderzoeker in dezelfde onderzoekruimte gesproken testwoord op 1 m afstand van de spreker, kleiner was dan op 6 m afstand! Enige evenredigheid, waardoor het mogelijk zou worden deze afstand als maat voor doofheid te gebruiken, was althans zoek. De zogenaamde fluisterspraaktest kan dan ook weinig of geen betekenis hebben voor de bepaling van de validiteit van het gehoororgaan.

In § b van dit hoofdstuk zullen naar aanleiding van het daar beschreven meer nauwkeurige onderzoek betreffende de acoustische eigenschappen van de fluisterspraak nog andere bezwaren tegen deze test worden ontwikkeld.

TAUX D'INVALIDITE

Surdité unilatérale	
— Faible	0 à 3 %
— Moyenne	10 à 15 %
— Absolue	20 %
Surdité bilatérale	
— Faible	5 à 10 %
— Moyenne	25 à 35 %
— Forte	60 à 50 %
— Absolue	80 %

Le barème officiel donne le tableau suivant pour le calcul du taux d'invalidité due à une hypacousie bilatérale.

		Oreille sourde ou la plus sourde				
		V.H. (1) 4 à 5 m.	V.H. 2 à 4 m.	V.H. 1 à 2 m.	V.H. 0,25 à 1 m.	V.H. au pavillon ou non perçue. Surdité parti- quante totale.
		V.C. (1) 0,50 à 0,80	V.C. 0,25 à 0,50	V.C. 0,05 à 0,25	V.C. au pavil- lon ou non perçue	V.C. non perçue
Oreille normale ou la moins sourde	V.H. normal	V.C. normal	0 %	3 %	8 %	12 %
	V.H. 4 à 5 m.	V.C. 0,50 à 0,80	5 %	10 %	15 %	20 %
	V.H. 2 à 4 m.	V.C. 0,25 à 0,50	10 %	15 %	25 %	30 %
	V.H. 1 à 2 m.	V.C. 0,05 à 0,25	15 %	25 %	35 %	40 %
	V.H. 0,25 à 1	V.C. au pavillon ou non perçue	20 %	30 %	40 %	50 %
	V.H. au pavillon ou non perçue. Surdité parti- quante totale.	V.C. non perçue	25 %	35 %	45 %	55 %

Fig. 17. Voorbeeld van Franse keuringsnormen met de fluisterspraaktest als criterium.

Het is echter merkwaardig, welk een taai leven de fluisterspraaktest in de wetgeving en vele ambtsvoorschriften blijkt te hebben. Fig. 17 en 18 geven hiervan een Frans en een Nederlands voorbeeld. Dit is zeer ernstig, aangezien het mogelijk is, dat op grond van deze ongefundeerde tests carrières van bijvoorbeeld het

Fig. 18. Voorbeeld van Nederlandse keuringsnormen met de fluisterspraaktest als criterium.

scheepvarend personeel worden gebroken. De Nederlandse voorschriften zijn in feite niets beter – eerder slechter – dan bijvoorbeeld de Portugese, waarvan de onbruikbaarheid wellicht beter tot de niet otologisch geschoolde spreekt en waar zonder enige aanduiding als keuringseis voor militairen wordt gesteld, dat „zachte” spraak op 1 m, „luide” spraak op 8 m en de „commando-stem” op 25 m moet kunnen worden verstaan. Het valt te hopen, dat bevoegde instanties spoedig stappen zullen nemen de betreffende voorschriften te doen verbeteren.

b. *Fluisterspraakaudiometrie*

Aangezien het van belang leek niet alleen de acoustische eigenschappen van de conversatiespraak, doch ook die van de fluisterspraak exact na te gaan, is door ons een onderzoek naar het verstaan van fluisterspraak gedaan op dezelfde wijze als voor de conversatiespraak op pag. 21, 33 is beschreven. Dit onderzoek bracht enkele belangwekkende bijzonderheden aan het licht.

Bepalen wij ons eerst tot fig. 19. Hierin zijn getekend de curve van het kwantitatieve conversatiespraakaudiogram voor normale oren (curve A) en evenzo die van een kwantitatief fluisterspraakaudiogram (curve A').

Hieruit blijkt, dat ten opzichte van het conversatiespraakaudiogram:

1. het voetpunt van het fluisterspraakaudiogram 8 db naar links is verschoven;
2. het punt, waar 50% van de woorden van een P.B. lijst wordt verstaan, 10 db naar links is verschoven;
3. het punt, waar 80% van de woorden van een P.B. lijst wordt verstaan, 12 db naar links is verschoven;
4. boven 80% herkenbaarheid het verschil niet verder toeneemt, doch integendeel vermindert.

Er bestaan niet alleen ten aanzien van de kwalitatieve herkenbaarheid *), doch ook ten aanzien van de kwantitatieve herkenbaarheid, kenmerkende verschillen tussen de conversatiespraak en de fluisterspraak. De fluisterspraak is reeds op lager intensiteitsniveau verstaanbaar, en omdat het voetpunt van de curve op een lager intensiteitsniveau ligt en omdat de herkenbaarheid bij toenemende intensiteit sneller toeneemt dan bij de conversatiespraak.

Zoals in hoofdstuk I a is gezegd, heeft de verhouding van de herkenbaarheid van conversatiespraak tot die van fluisterspraak eerder een punt van onderzoek uitgemaakt (Gradenigo, Benjamins, Hiddema). Zij poogden de verhouding hiervan uit te drukken in de

*) Zie Hoofdstuk V.

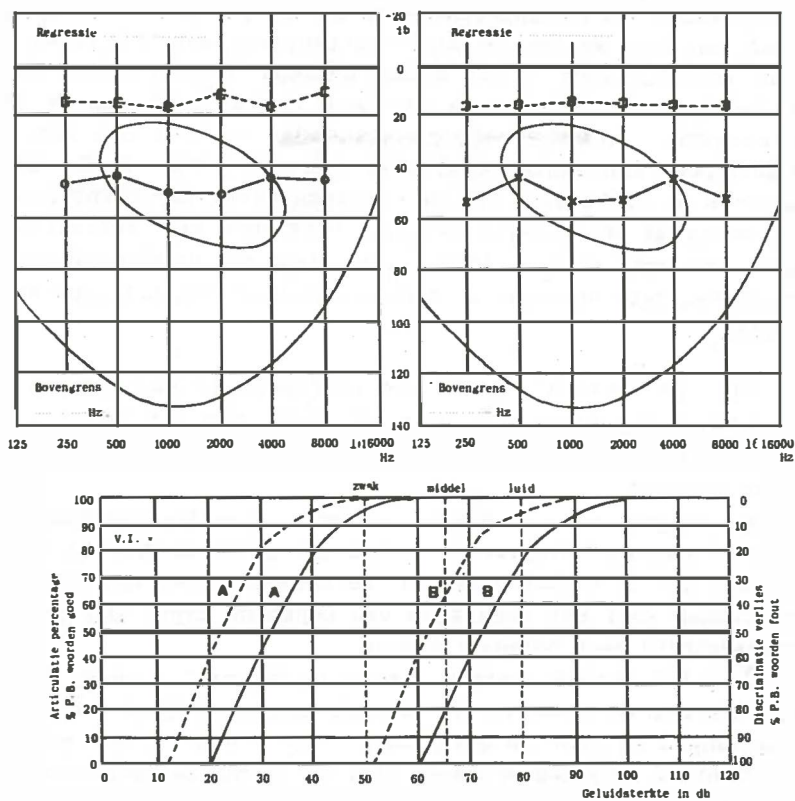


Fig. 19. *Het fluisterspraakaudiogram bij normaal horenden en bij geleidingsdoofheid ten opzichte van het stemhebbende spraakaudiogram.*
Curve A en A' normaal horenden. Curve B en B' geleidingsdoofheid, in de mate van het boven het spraakaudiogram afgedrukte toonaudiogram.

afstand, waarop in het vrije veld de fluisterspraak en de conversatiespraak nog juist werden verstaan. De gevonden verhouding $I = v/V$, waarin v voorstelt de afstand, waarop de fluisterstem gehoord wordt, en V hetzelfde voor de conversatiespraak, werd „index vocalis” genoemd.

Er is een groot verschil in de geluidsintensiteit tussen de door de menselijke stem bij gelijke inspanning geproduceerde fluisterspraak en conversatiespraak. Bij de vroeger genomen proefnemingen is men zich dit verschil in intensiteit van de geluidsbron niet altijd voldoende bewust geweest. De waarnemingen zijn destijds bovendien sterk door meetfouten beïnvloed. Indien men zich één en ander beter had gerealiseerd, zou aan de door Hiddema (pag. 53, dissertatie Groningen 1928) verkregen resultaten geen verkeerde interpretatie zijn gegeven.

Door Politzer en Gradenigo is er strijd over gevoerd, of er

een constante verhouding tussen de afstand, waarop de fluisterspraak, en die, waarop de conversatiespraak werd verstaan, bestond. Door Politzer is dit steeds ontkend. Beiden hadden min of meer gelijk, maar het gelijk was toch in hoofdzaak aan de zijde van Politzer. In de eerste plaats omdat de door hun gevolgde methode geen constante resultaten kon opleveren. In de tweede plaats is de verhouding van de verstaanbaarheidspercentages van fluisterspraak en conversatiespraak niet voor alle intensiteiten geheel constant. En ten slotte is in geval van hardhorendheid het verloop van deze verhouding sterk afhankelijk van het type van de doofheid.

Fig. 19 curve B', geeft als voorbeeld de loop van de verstaanbaarheidspercentages weer bij doven met een verlies, dat over de gehele toonschaal gelijk is (zowel geleidingsdoven als perceptiedoven).

Het blijkt, dat de relatie tussen conversatiespraakaudiogram en fluisterspraakaudiogram in dergelijke gevallen vrijwel dezelfde is als bij de normaalhorenden. De consequenties van deze gegevens kunnen voor het onderwijs van bepaalde typen van ernstige hardhorendheid zeer belangrijk zijn.

Voor het spraakverstaan immers is het niet genoeg, dat het gehoorzintuig in staat is een bepaald minimum aantal frequenties te ontvangen en door te geven naar hogere centra. Ook moet het gehoorzintuig over een bepaalde minimum intensiteitsbreedte functioneren.

Bij bepaalde, zeer ernstige, vormen van hardhorendheid is de hoordrempel de pijndrempel zeer dicht genaderd (fig. 20).

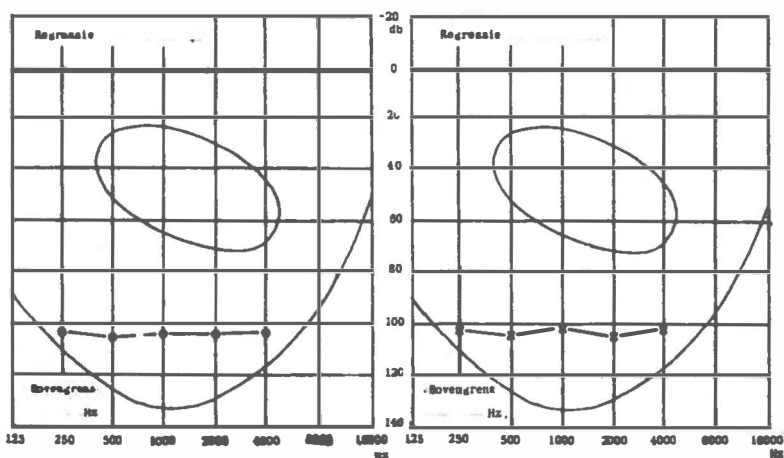


Fig. 20. Toondrempelaudiogram bij vorm van doofheid waar de hoordrempel de pijndrempel dicht is genaderd.

In het geïllustreerde audiogram is bij deze patient onvoldoende afstand tussen de hoordrempel en de pijndrempel om het verstaan van conversatiespraak mogelijk te doen zijn. Hoewel dus de frequentiebreedte, waarover het gehoorzintuig in staat is geluidsprikkels naar hogere centra door te geven (de zogenaamde oorvaam) breed genoeg is, is de intensiteitsspan (ook wel oorspan genoemd), waarin zulks mogelijk is, te gering.

Doordat blijkens de hier afgeleide spraakaudiogrammen het punt, waarop 80% van de woorden van de P.B. lijsten wordt verstaan, 12 db lager ligt voor de fluisterspraak dan voor de conversatiespraak, is het zeer wel mogelijk, dat hardhorenden met een rechtlijnig horizontaal audiogram en geringe oorspan, die met conversatiespraak niet te bereiken zijn, met fluisterspraak wel te bereiken zullen zijn. In het bijzonder bij het „hoor“-onderwijs aan „doofstommen“ kan, naar het zich laat aanzien, hiervan met vrucht gebruik worden gemaakt.

Succes hiermee is echter zeker niet te verwachten in gevallen met een sterk aflopend drempelaudiogram, omdat dan door het uitvallen van de discanttrillingen de fluisterspraak juist moeilijker te verstaan is. Dit blijkt uit het volgende.

Bij hardhorenden met gehoorverlies voornamelijk in de hoge frequenties is de relatie conversatiespraakaudiogram - fluisterspraakaudiogram geheel anders. In fig. 21 is hierbij een voorbeeld van deze verhouding afgebeeld. Hieruit blijkt, dat bij hoorverlies in de discantzone het fluisterspraakaudiogram ten opzichte van het conversatiespraakaudiogram ongunstiger komt te liggen. Reeds indien het toonaudiogram boven 2000 Hz aanzienlijke gehoorverliezen laat zien, is een verandering in bovengenoemde zin op te merken.

Dit laatste gegeven doet tevens nog een bezwaar van het gebruik van de fluisterspraaktest als validiteitstest naar voren treden. De verschillende typen hardhorenden worden blijkbaar hiermee geheel verschillend beoordeeld. Zoals blijkt is de verhouding van de verstaanbaarheidspercentages van de fluisterspraak tot die van de conversatiespraak geen constante voor alle typen doofheid. Verhoudingsgewijs is derhalve de keuring met de fluisterspraak voor discantdoven strenger dan voor doven met een bij alle frequenties gelijk gehoorverlies. De redelijkheid van het stellen van strengere eisen aan het discantgedeelte van de gehoorfunctie dan aan het basgedeelte valt zonder meer niet in te zien.

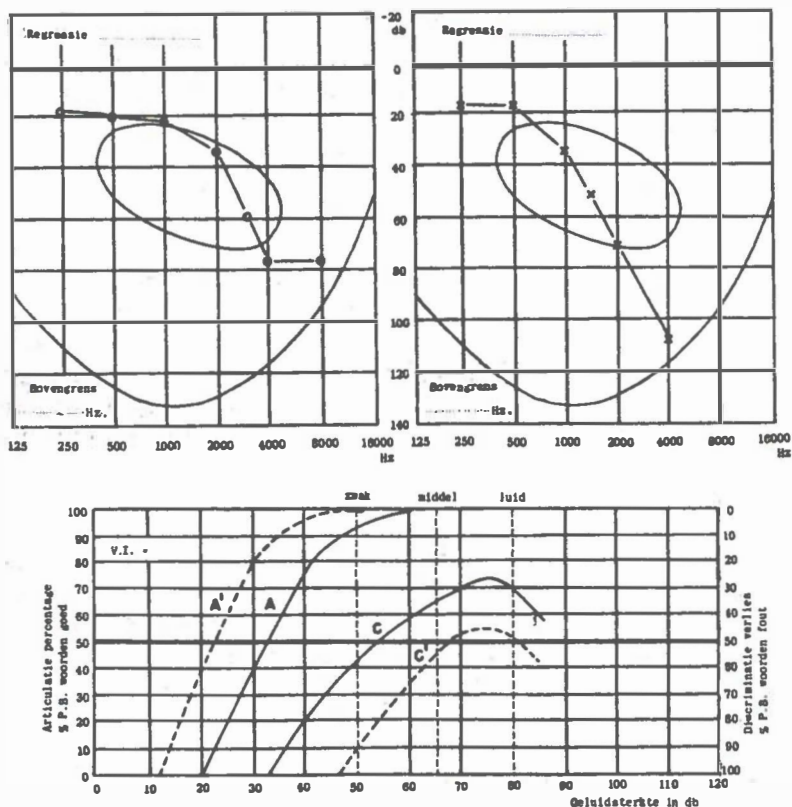


Fig. 21. Het fluisterspraakaudiogram bij normaal horenden en bij discantdoofheid ten opzichte van het spraakaudiogram voor de stemhebbende spraak (curve A en A' normaalhorenden, curve C en C' discantdoofheid in de mate van het boven het spraakaudiogram afgedrukte toonaudiogram)

Immers

1. het goed verstaan van de conversatiespraak is als regel voor de patient of keurling veel belangrijker dan het verstaan van fluisterspraak;
2. de baszone is van overwegend belang voor de wek- en waarschuwingsgeluiden.

Wellicht zou voor bepaalde beroepen verzwaring van de eisen te stellen aan het discantgedeelte van de gehoorfunctie te verdedigen zijn. In het algemeen is deze zeker niet te accepteren.

HET KWALITATIEF ONDERZOEK NAAR HET SPRAAKVERSTAAN

A. Aanleiding tot het onderzoek

Bij het in hoofdstuk III behandelde spraakaudiometrisch onderzoek viel het op, dat het misverstaan van de testwoorden door de patienten weliswaar dikwijls een verschillend karakter droeg, doch dat er desalniettemin van een verwisselingsvoorkeur van de phonemen sprake scheen te zijn. Toen bij de voortgang van het onderzoek dit verschijnsel zich steeds weer herhaalde, was er alle aanleiding het nader te bestuderen.

De kenmerkende verschillen in de aard van het misverstaan leken ons verband te houden met de verschillende typen van hardhorendheid. Wij hadden niet de indruk, te maken te hebben met een verschijnsel, waarvoor een associatieve factor als oorzaak diende te worden aangewezen. Aan zodanige factor kon immers allereerst worden gedacht aangezien een patient bij het niet verstaan van een testwoord licht de neiging heeft, hiervoor een ander betekenisvol woord in de plaats te nemen.

Teneinde het vraagstuk te kunnen analyseren, moest het spraakaudiometrisch onderzoek dus anders worden opgezet.

B. Technische uitvoering van het onderzoek

De tot nu toe gevolgde methode van onderzoek beperkte zich dus tot het onderzoek naar het globale woordverstaan door middel van de P.B. lijsten.

Fig. 22 geeft een voorbeeld van de wijze van notatie, zoals die bij het kwalitatieve onderzoek naar het spraakverstaan nodig is. Bij het aanbieden van de woordlijsten dient de onderzoeker nauwkeurig te registreren wat door de patient wordt nagezegd. Niet langer kan worden volstaan met een eenvoudig als goed of fout noteren van het aangegeven woord.

Ook de instructie van de patient is bij deze wijze van onderzoek anders. Er wordt voor de aanvang van het onderzoek nadrukkelijk op gewezen, dat het van groot belang is, dat de patient precies nazegt, wat hij denkt te horen. Dus ook als hij van

lijsten daarentegen heeft de associatieve factor een enigszins verstorende invloed.

Het verwerken van de resultaten van de aldus verkregen lijsten is een enigszins tijdrovende bezigheid. Fig. 23 geeft een voorbeeld van de diagrammen, die wij bij het uitwerken van deze gegevens gebruikten.

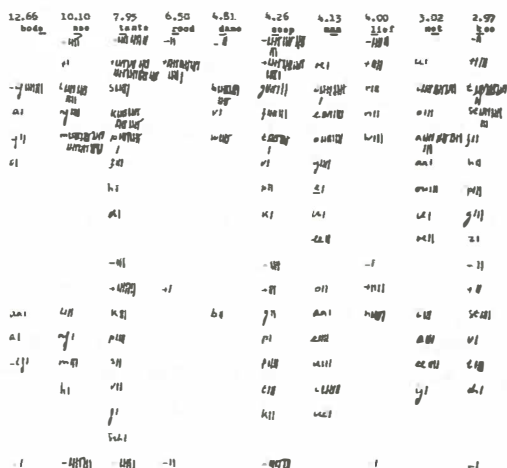


Fig. 23. Het uitwerken van de gegevens bij het kwalitatief spraakaudiometrisch onderzoek.

De fouten werden voor ieder phoneem afzonderlijk in 37 verticale kolommen geregistreerd. De kolommen zijn gerangschikt in volgorde van de frequentie van voorkomen van het phoneem. Boven de kolommen staat – telkens in een woord onderstreept – de spraakklank aangegeven, waar het in de desbetreffende kolom om gaat. Er wordt daarbij niet alleen nauwkeurig aangetekend, hoeveel fouten in het betreffende phoneem werden gemaakt, doch ook, waarmede het phoneem was verwisseld.

Deze wijze van onderzoek werd door ons *kwalitatieve spraakaudiometrie* genoemd, in tegenstelling tot het klassieke tot nu bekende spraakaudiometrisch onderzoek, dat wellicht voortaan als *kwantitatieve* spraakaudiometrie kan worden aangeduid.

Om ook de invloed van de spreker te kunnen nagaan, werden door ons op de geluidsband vier opnamen van de P.B. lijsten gemaakt, die resp. door 2 mannen en 2 vrouwen waren gesproken. Deze lijsten werden aangeboden aan een grote groep van normaalhorenden. De gemaakte kwalitatieve spraakaudiogrammen toonden een zeer

grote mate van overeenstemming, onverschillig welke de spreker van de P.B. lijsten was geweest.

Er zijn in deze groep voor het kwalitatieve onderzoek geen kenmerkende verschillen in de resultaten bij het gebruik van mannen- en vrouwen-stemmen gevonden.

De gemaakte fouten in het spraakverstaan kunnen worden ingedeeld in twee soorten, in de eerste plaats de weglating en toevoeging van het betreffende phoneem, en in de tweede plaats de verwisseling met een ander phoneem.

Het eerste type fout wordt in de diagrammen aangegeven met + of -. Het tweede type fout wordt aangegeven door de vermelding van het abusievelijk nagezegde phoneem in de kolom van het gesproken phoneem. Hieronder is in de diagrammen het totaal van de betreffende fouten genoteerd.

Voor zover er verschillen in de resultaten bij de verschillende sprekers waren op te merken, bestonden deze voornamelijk in relatief geringe verschillen ten aanzien van het eerste type fout namelijk dat van de weglating en toevoeging.

C. Resultaten van het onderzoek

a. *De phoneemarticulatie-index*

In fig. 24 is de phoneemarticulatie-index uitgezet als functie van de intensiteit van de P.B. lijsten. In de figuur is deze voor de vocalen de a (pa), de e (bode) en de ij (ijs) aangegeven. De beide eerstgenoemde vocalen zijn de best herkenbare vocalen, de laatstgenoemde is de slechtst herkenbare vocaal gebleken. Het verloop van de curven der phoneemarticulatie-index van de overige vocalen beweegt zich tussen deze uitersten.

Eveneens zijn de curven opgenomen van de s (soep) en de t (tante) als zijnde de beide slechtst herkenbare consonanten en van de r (rood) als de best herkenbare consonant.

In het algemeen worden de phonemen, die op de intensiteitsniveau's, waar nog een hoog woordarticulatiepercentage wordt bereikt, relatief het slechtst worden verstaan, ook op de intensiteitsniveau's, waar slechts een laag articulatiepercentage wordt bereikt, het slechtst verstaan.

Er is nagegaan of een rechtstreeks verband viel aan te wijzen tussen het natuurlijke verschil in intensiteit van de diverse

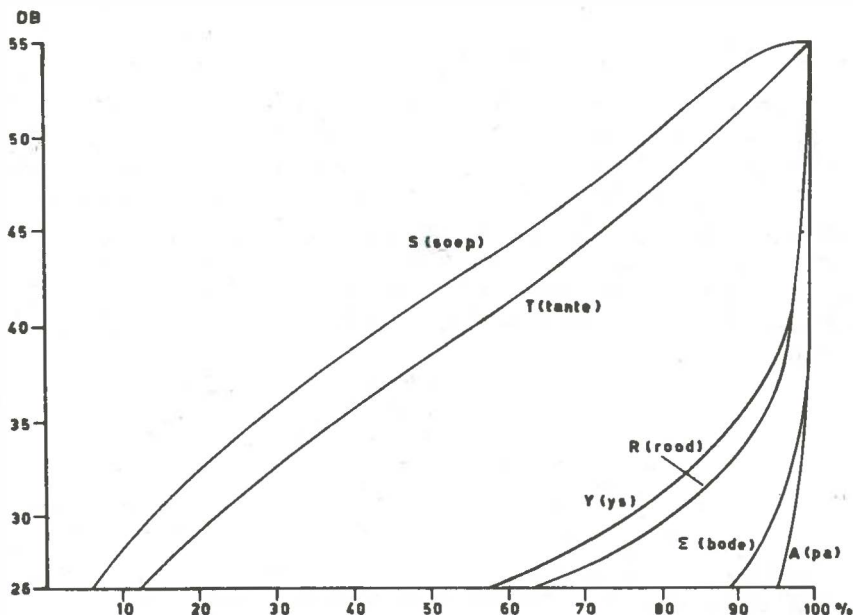


Fig. 24. De phoneemarticulatieindex (P.A.I.) als functie van de intensiteit.
 Horizontale as: P.A.I. Verticale as intensiteit.

phonemen en het verloop van de phoneemarticulatie-indices. Bij normaalhorenden valt, zij het zeer beperkt, een dergelijke relatie aan te wijzen.

Verdeelt men nl. de phonemen in een drietal groepen, naar hun energiesterkte, dan vormen de vocalen energetisch de sterkste groep, daarop volgen de l, m, n en r, en de energie-zwakste groep vormen de overige consonanten. Bij normaalhorenden is de herkenbaarheid van de phonemen het best voor de vocalen, dan volgen l, m, n en r en daarop volgen de overige consonanten. De energiesterken van de verschillende phonemen is binnen deze groepen nog zeer verschillend. Verschillen in energieverhouding tot een factor 15 komen binnen deze groepen voor. Tussen de herkenbaarheid en de intensiteit van de phonemen binnen de bovengenoemde groepen bestaat echter niet een eenvoudige relatie. De gemiddelde hoeveelheid energie van een bepaald phoneem is dus niet zonder meer bepalend voor de phoneemarticulatie-index. Er zijn phonemen, die energie-zwakker zijn en toch beter herkenbaar dan andere energiesterkere phonemen.

b. De phoneemverwisselingsvoorkeur

Bij een woordarticulatiepercentage voor waarden tussen 100 en 25% is de phoneemverwisselingsvoorkeur vrijwel constant. Bijvoorbeeld: bij 80% woordarticulatiepercentage is er een voorkeur de n (nee) te verwisselen met m (men), l (lief) of een enkele maal met r (rook); bij 30% woordarticulatiepercentage is de voorkeur dezelfde. Beneden een woordarticulatiepercentage van 25% is de phoneemverwisselingsvoorkeur minder sterk gericht en komen willekeurige verwisselingen meer en meer voor. Alle mogelijke verwisselingen treden dan op.

c. De kwalitatieve spraakaudiogrammen

In de hierna volgende spraakaudiogrammen is achtereenvolgens een overzicht gegeven van

1. verstaan van conversatiespraak door normaalhorenden;
2. verstaan van fluisterspraak door normaalhorenden;
3. verstaan van conversatiespraak door
 - a. geleidingsdoven;
 - b. hardhorenden met een abrupt toonaudiogram (afsnijfrequentie bij 500 Hz);
 - c. hardhorenden met een abrupt toonaudiogram (afsnijfrequentie bij 1000 Hz);
 - d. hardhorenden met een abrupt toonaudiogram (afsnijfrequentie bij 2000 Hz);
 - e. hardhorenden met een geleidelijk dalend audiogram.

Steeds is in deze overzichten dat intensiteitsniveau genomen waarbij het totale articulatiepercentage van de P.B. lijst ongeveer 40% bedroeg. Het intensiteitsniveau is dan voor normaalhorenden ongeveer 28 db; voor de hardhorenden ligt dit intensiteitsniveau natuurlijk hoger en is afhankelijk van de aard en grootte van de gehoorafwijking.

Het niveau waar het totale articulatiepercentage van de P.B. lijsten ongeveer 40% bedraagt interesseert ons bijzonder.

Op dit niveau immers neemt ook een sterke daling van het verstaanbaarheidspercentage van gehele zinnen een aanvang.

Als signaal-ruisverhouding is bij de afgedrukte schema's steeds 30 db aangehouden.

In de schema's vindt men dus uitsluitend de aard van het misverstaan van de phonemen bij een woordarticulatiepercentage van 40%. Men kan dus hiermede de verschillen in het misverstaan tussen de conversatiespraak en de fluisterspraak, tussen de normaalhorenden en de hardhorenden en tussen de hardhorenden onderling vergelijken bij een woordarticulatiepercentage van 40%..

In de afgebeelde kwalitatieve spraakaudiogrammen van bovengenoemde groepen zijn geen percentages doch absolute getallen opgenomen, die weliswaar minder duidelijk bepaalde verschillen doen uitkomen, doch die in ander opzicht bepaalde verschijnselen sterker doen spreken.

d. Het verstaan van conversatiespraak door normaalhorenden

bode	nee	tante	rood	dame	soep	man	lief	met	koe	pa	pit	men	dragen	even	hoed	ijs	beek	zie
ig 71	m 128	k 102	l 4	b 34	t 61	e 2	n 46	i 16	t 118	aaf 2	e x	n 193	v 62	w 94	v x	ee 47	ij x	v 12
- 7	l 123	p 89	n 4	v 20	f 50	o 4	m 14	a 6	s 25		u 12	l 34	z 26	z 51	w 17	ui 2	i 3	w 71
+ 3	ng 28	s 67	d 1	w 22	k 31	i 0	ng 4	o 3	f 10		o 2	ng 3	f 22	h x	z 5	oo x	e 1	d 29
	r 7	d 31	- 28	z 30	p 11	ij 0	r x	ij 8	p 29		a 1	- 11	s 20	g 14	g 15	e 2	oo v	h x
	- 30	- 187	+ 105	- 12	g 28	ou 5	- 23	ui x	g x		ee 12	+ 2	t x	t x	- 29	ou x	eu 2	- 4
	+ 37	+ 203		+ 24	- 221	ui 0	+ 22		- 24		ie 5		- 29	- 11	+ 15	eu 2	ie 2	+ 7
						aa 175			+ 34					+ 21	+ 5			
																		normaal horende
macht	water	dief	bek	loon	piet	dom	fiets	pot	boek	bang	boor	put	ruit	neer	ja	koud	muur	
s 9	v 19	oe 3	d 18	ee 0	t 33	a 8	s 34	a 18	ie 0	n 9	ee 0	o 0	ij 6	oo 0	w 5	a 6	ie 10	
k 4	z 21	uu 9	w 18	e 1	k 28	i 0	t 20	e 2	i 2	y x	eu 1	l 10	ou 0	eu 0	z 13	ui 0	oo 0	
l 7	d 15	i x	z 6	z 0	v 28	e 0	k 25	l 0	e 1	m 3	e 0	oo 0	ij 2	l 0	o x	oe 1		
t x	h 8	u x	t 11	eu 0	f x	ou 4	g x	ij 0	u 0	l 1	a 0		aa 0	i x	- x	ij x		
- 19	- 0	ee x	- 7	u 0	- 30	ij 0	p 49	u 0	o 1	- x	ui 0			e 0				
+ 10	+ 11		+ 0	ij 0	+ 14	ij 0	- 42	ou 6		+ x	ij 0			ie x	v x			
							+ 21											
																	normaal horende	

Diagram 1

Het kwalitatief spraakaudiogram bij normaal horenden.
(stemhebbende spraak). (x betekent minder dan 5 verwisselingen)

Gaan wij nu over tot het bestuderen van het diagram, dat een illustratie geeft van het verstaan van conversatiespraak door normaalhorenden bij een intensiteit van omstreeks 28 db.

Hieruit blijkt, dat, indien men op basis van acoustische discriminatiemoeilijkheden tot indeling van de Nederlandse spraak klanken wil overgaan, men niet kan volstaan met de tot nu toe bestaande indeling naar de aard van de spreekbewegingen. Enige van de klanken waaraan gelijksoortige spreekbewegingen ten grondslag liggen, vertonen echter ook acoustische gelijkenis.

Hieronder volgt een tabel van de in Nederland het meest gebruikte indeling van de Nederlandse medeklinkers op basis van de spreekbeweging, nl. die volgens Roorda:

Tabel 6
De indeling van de consonanten op grond van
de spreekbeweging (volgens Roorda)

Naar de plaats van vorming in het aanzetstuk	Fricatieven (glijders miranten)		Explosieven (klopvers, occlusieven)							
			Eigenlijke							
			Eigenlijke				Onelgijnlijke			
			Laterieven		Raselaars		Nasalen			
	Stemloos	Stemhebb.	Stemloos	Stemhebb.	(gedeelte)ljj Stemloos	(gedeelte)ljj Stemhebb.	(gedeelte)ljj Stemloos	(gedeelte)ljj Stemhebb.	(gedeelte)ljj Stemloos	(gedeelte)ljj Stemhebb.
Bilabialen (boven- en onderlip)	w eeuwfeest	w	p piet	b bek					m maal	m men
Labio-dentalen (onderlip- boventanden)	f fiets	v w even water							n nauwa	n noodzaak
Dentalen (tongpunt-tandnaas)	s soep	z zie	t tante	d dame	l sliep	l lief	r trip	r root	n snap	n nee
Medio-palatalen (tongrug-gehemelte)	j 't jaar	ja	k lak	k					ng zingt	ng ring
Post-palatalen (tongrug-gehemelte)	ch Michiel	den	k keu	k					ng dunke	ng bang
Velaren (pharynxbogen)	eh mucht	d dragen					r roort	r rood		
Laryngealen (stemploest)	h 't huis	h hoed								

is niet opgemerkt, met uitzondering van de uitzonderlijk voorkomende verwisseling van de l (lief) met de tweeklank uw (nieuw).

6. De Nederlandse g (dragen) vertoont veel minder dan de andere fricatieven neiging tot verwisseling met een explosief, maar is nauw verwant aan de v (even), w (water) en z (zie), doch het meest met de eerstgenoemde.
7. Ook de h (hoed) en j (ja), die niet verward worden met de explosieven, vertonen overeenkomst met de v, w en z. Daarbij heeft de h de grootste verwisselingsvoorkeur voor de w en de j de grootste verwisselingsvoorkeur voor de z.
8. De ij (ijs) is de enige vocaal, waarvan bij een laag intensiteitsniveau de verstaanbaarheid aanmerkelijk wordt aangetast; er bestaat hierbij een zeer sterke voorkeur voor de ee (beek).

Het volgende schema (fig. 25) geeft een indeling van de consonanten op basis van acoustische discriminatiemoeilijkheden voor normaalhorenden.

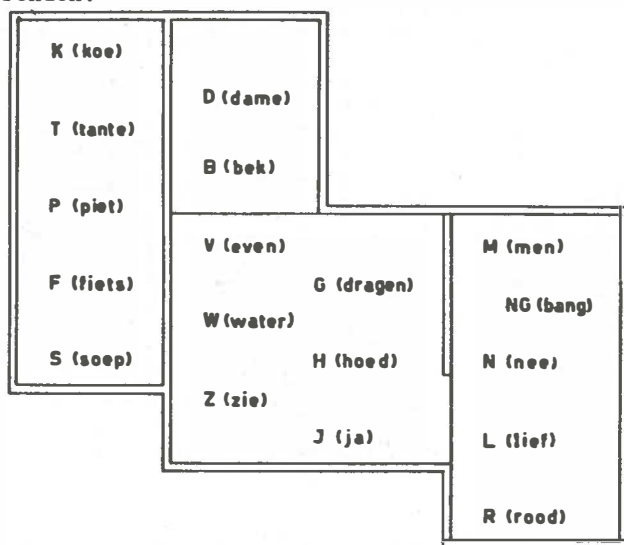


Fig. 25. De indeling van de consonanten op grond van het acoustisch discriminatievermogen.

E. Het verstaan van fluisterspraak kwalitatief ontleed (normaalhorenden)

Het volgende diagram (no. 2) betreft de resultaten van het onderzoek naar het verstaan van fluisterspraak door normaalhorenden.

Het onderzoek naar de phoneemverwisselingsvoorkeur bij de

bode	nee	tante	rood	dame	soep	man	lief	met	koe	pa	pit	men	dragen	even	hoed	ijs	beek	zie
ig 63	m 114	k 0	l 31	b 0	t 5	e 8	n 76	i 59	t 8	aa 0	e 4	n 102	v 8	w 95	v x	ee 23	ij 7	v 4
- 167	l 143	p 0	n 20	v 0	f 0	o 25	m 9	a 20	s 0	ui 18	u 1	l 27	z 0	z 0	w 8	ui 0	i 15	w 1
+ 66	ng 0	s x	d x	w 0	k 0	i x	ng 0	o 0	f 0	u x	o 0	ng 20	f 0	h x	z 0	oo 0	e x	d 0
aa 5	r 42	d 222	- 28	z 0	p 0	ij x	r 29	ij 4	p 0	e 11	a 0	- 59	s 0	g 35	g 0	e 14	oo 0	h x
o 9	- 301	- 29	+ 121	- 31	g 0	ou x	- 24	ui 0	g 0	ee 3	a 21	+ 0	t 0	t x	- 48	ou 0	eu 0	- 0
a 11	+ 396	+ 34	h 10	+ 0	- 16	ui x	+ 39	ee 4	- 59	ie 19	h 51	- 36	- 11	+ 19	eu 0	ie 0	+ 0	0
	h 41	r 5	w 12	t 146	+ 6	aa 4	h 15	ie 3	+ 17				+ 27	x x	n x			s 32
				m 11	p 29	z		h 4					r 51	l 27	h 35	l 28	r 8	l 8
																		fluisterspraak
macht	water	dier	bek	loop	piet	dow	fiets	pot	boek	bang	boor	put	ruit	peer	ja	koud	muur	
s 0	v 0	oe 0	d 11	ee 0	t 1	a 23	s 1	a 20	ie 0	n 16	ee 0	o 0	ij 1	oo 0	w 0	a 0	ie 2	
k 0	z 0	uu 0	w 11	e 0	k 6	i 0	t 0	e 1	g 0	eu 0	i 0	ou 1	u 0	eu x	z 0	ui 0	oo 2	
f 0	d 0	i x	z x	z 0	v 0	e 2	k 0	i 0	e 0	m 0	e 0	eu 1	oo 0	ij 0	l x	o 3	oe 0	
t 0	h 59	u 0	t 0	eu 0	f 0	ou 0	g 15	ij 0	u 0	l x	a 2	ui 3	aa 0	l 0	- 0	ij 0	eu 1	
- 24	- 19	ee 31	- 11	u 2	- 8	u 0	p 0	u 0	o 2	- 17	ui 0		eu 2	e 0	+ 0	oo 6		
+ 4	+ 8	1 3	+ 15	ij 0	+ 11	ij 0	- 7	ou 1	- 15	+ 5	ij 0	u 3	u 0	ie 0	a 1			
t 20	b 59	m 52	oo 1	v 2	oe 16	b 128	oe x	+ 8	oo 1	+ 4	oe 1			ie 1				
ng 4	p 19	l 19		m 26	p 63	d 7	ie 1	oo 28	v 43	w 12	oe 1	oo 10						
																	fluisterspraak	

Diagram 2
Het kwalitatief spraakaudiogram bij normaal horenden
(fluisterspraak).

fluisterspraak leverde andermaal een belangrijke steun voor de opvatting, dat de associatieve factor bij de phoneemverwisselingen een ondergeschikte rol speelde. De phoneemverwisselingsvoorkeur was bij de fluisterspraak een geheel andere dan bij de conversatiespraak.

De indeling der phonemen op basis van acoustische discriminatiemogelijkheden verschilt bij stemloze spraak sterk van die bij de stemhebbende spraak. De volgende verschijnselen zijn opvallend.

1. De bij de conversatiespraak zeer frequente verwisseling van stemloze explosieven onderling en van de stemhebbende explo-

sieven onderling is bij de fluisterspraak zo goed als geheel verdwenen.

2. De verwisseling van de op een overeenkomstige plaats in het aanzetstuk gevormde explosieven, zoals de bilabialen p en b en de dentalen t en d, is frequent.
3. Niet alle op een overeenkomstige plaats in het aanzetstuk gevormde consonanten worden bij het fluisterspraakverstaan veel verwisseld.
4. De stemloze en stemhebbende fricatieven worden onderling minder vaak verwisseld, dan de stemloze en stemhebbende explosieven.
5. Van de stemloze en stemhebbende fricatieven, die op overeenkomstige plaats in het aanzetstuk worden gevormd, worden de s (soep) en z (zie) onderling meer verwisseld dan de f (fiets) en v (even).
6. De herkenning van de vocalen is bij het gebruik van fluisterspraak moeilijker dan bij het gebruik van conversatiespraak.
7. De herkenning van m (man), n (nee), l (lief) en r (rood) is bij het gebruik van fluisterspraak moeilijker dan bij het gebruik van conversatiespraak.
8. Andere consonanten dan de onder 7 genoemde worden bij fluisterspraak vaker met de onder 7 genoemde verwisseld dan bij de conversatiespraak.
9. Vooral het phoneem s (soep), doch ook – zij het in mindere mate – het phoneem t (tante) worden bij de fluisterspraak gemakkelijker herkend dan bij de conversatiespraak.

f. Het verstaan van conversatiespraak door geleidingsdoven

Diagram 3 betreft de resultaten bij het kwalitatieve onderzoek voor het verstaan van conversatiespraak voor een groep hardhorenden met een voor alle frequenties gelijk gehoorfunctieverlies. Dit kwalitatieve groepsspraakaudiogram komt geheel overeen met het kwalitatieve groepsspraakaudiogram voor normaalhorenden.

g. Het verstaan van conversatiespraak door hardhorenden met abrupt audiogram bij 500 Hz

Diagram 4 betreft het kwalitatieve spraakaudiogram voor een groep hardhorenden met een abrupt audiogram bij 500 Hz. De hoormoeilijkheden zijn voor deze groep hardhorenden kennelijk geheel andere dan voor de geleidingsdoven en voor de normaalhorenden.

Bij bestudering van dit audiogram valt op, dat:

1. Het verstaan van de vocalen en wel voornamelijk van de korte

bode	nee	tante	rood	dame	goep	man	lief	met	hoe	pa	pit	men	dragen	eyan	hoed	ije	beek	zie
ig 29	m 49	k 55	l 1	b 21	t 20	e 0	n 28	i 9	t 41	aal 1	u 5	n 98	v 23	w 43	w 12	ee 15	ij 0	w 24
- 5	l 46	p 51	n 4	v 12	f 18	o 1	m 11	a 2	p 14	a 0	e 16	l 9	x 9	x 18	s 2	ui 2	ov 0	v 3
+ 2	ng 12	s 21	d 0	w 15	k 13	i 0	ng 1	o 0	s 7	a 0	ng 4	t 0	g 10	g 10	oo 0	ui 0	d 9	
	r 8	d 19	- 17	x 8	g 69	ij 0	r 18	ij 0	f 3	o 8	- 4	f 8	h 1	- 14	ui 0		j 7	
	- 17	- 93	+ 60	- 8	- 69	aa 0	- 18	ui 0	- 11	ee 8	+ 4	s 12	- 9	+ 10	aa 0		h 0	
	+ 14	+ 82		+ 8	+ 85		+ 20		+ 21					+ 7				

macht	water	dief	bek	loop	piet	dom	fiets	pot	boek	bang	boor	put	ruit	peer	ja	koud	muur	ny
s 3	v 7	oe 1	d 12	ee 0	t 13	e 0	s 14	e 2	ie 0	n 10	ee 0	i 0	ij 2	ou 8	z a	a 3	ie 7	
k 2	z 7	uu 2	w 14	ij 0	k 9	a 8	t 8	a 4	uu 0	m 2	eu 0	o 0	ou 0	eu 0	v 0	ui 0	oe 0	
f 2	d 4	u 0	z 1	ui 0	u 2	i 1	k 11	i 0	i 0	l 0	ui 0	e 0	oo 0	ij 0	w 3	ij 3		
t 0	h 7	ee 0	v 0	e 0	s 1	ui 0	p 22	u 0	e 0	r 0	a 0	aa 0		l 1	aa 3			
- 7	- 1	u 0	- 4	ou 0	- 17	ij 0	- 18	oo 0	u 0	- 0					ee 0			

Diagram 3
Het kwalitatief spraakaudiogram
bij geleidingsdoven

vocalen voor deze groep veel lastiger is dan voor de eerstgenoemde twee groepen.

- In de groep van de korte vocalen worden de a (man), de e (met) en de beide o-klanken (pot) (dom) onderling veel verwisseld.
- De i (put) en de u (put) worden eveneens veel onderling verwisseld, doch ook, zij het in mindere mate, met de groep van de onder 2 genoemde korte klinkers verwisseld.
- In de groep van de lange vocalen worden de lange oo klanken (loop) (boor) veel verwisseld met de lange ee klanken (beek) (peer), zonder dat het onderscheidingspunt der nasalering verloren gaat, zodat de oo van boor steeds als een ee van peer, of omgekeerd, en de oo van loop steeds als ee van beek of omgekeerd, wordt gehoord.
- De vocalen onder 4 genoemd worden ook verwisseld en vormen dus wat betreft de verwisselingsvoorkeur één groep met de lange vocalen ij (ijs), ou (hout), ui (huid), eu (teun).
- Een andere groep lange vocalen, waarbinnen de acoustische discriminatie, moeilijkheden oplevert, vormen de oe (boek), de uu (muur) en de ie (dief).

Fig. 26 geeft een schematisch overzicht van de voor discantdoven specifieke moeilijkheden bij het onderscheiden van vocalen.

bodg	ge	tante	roed	dame	goep	gan	lief	met	hoe	pa	pit	gan	dragen	eyen	hoed	ijs	beek	gie
ig 64	m 294	k 288	l 8	b 224	t 76	e 123	a 41	i 65	t 246	aai 7	e 27	n 83	v 75	w 39	v 11	ee 55	ij 8	v 51
- 8	l 103	p 185	x x	v x	f 89	o 32	m 14	a 133	u 365	x x	u 63	l 56	x 11	w 96	0 0	ui 57	l 9	w 119
+ 4	ng 70	s 48	d x	w 34	k x	l 48	ng x	o 45	f x	o 25	ng 13	f 17	h 49	x 4	oo 24	e 0	d 27	
	r 29	d x	- 40	x x	p 8	ij 20	r 9	ij 19	p 19	a 20	- 11	s 19	g 45	g 23	e 20	oo 35	h 1	
	- 60	- 138	+ 202	- 6	g 83	ou 4	- 75	ui x	g 35	ee 23	+ 4	t 32	t 23	- 29	ou 11	eu 22	- 0	
	+ 22	+ 316		+ 10	- 218	ui 5	+ 76		- 48	ie x		- 30	- 28	+ 15	ou x	ie 0	+ 5	
					+ 224	aa 31			+ 31			+ 15	0				hardhorenden	
																	abrupt audigr. 500 Hz	

macht	water	dief	bek	loop	piet	dun	fiets	put	beek	bang	hoor	put	ruit	peer	ja	koud	muur
s 40	v 9	oe 65	d x	ee 81	t 98	a 43	e 74	a 39	ie 28	n 56	ee 19	o 9	ij 31	oo 19	w 20	a 15	ie 34
k 7	x 41	un 36	w 21	e 2	k 32	i 41	t 38	e 53	i 87	g 2	ou 0	ou 43	ou 17	eu 7	x 0	ui 10	oo 1
f 11	d 15	i x	s 19	ui 2	v 29	e 89	k 25	i 11	e 2	m 11	e 0	ou 0	oo 5	ij 0	l x	o 0	oe 8
t 8	b 4	u 2	t 0	ou 0	f 4	g 4	ij 51	u 4	l 17	a x	0	aa 9	1 0	- 0	ij 11		
- 37	- 3	ee 3	- 0	u 0	u 33	p 19	u x	o 8	ui 16	0			e 0	+ 0			
+ 22	+ 8		+ 0	ij 6	+ 19	ij 25	ou 80	x x	+ 0	ij 0			ie x	v 8			
							+ 12									hardhorenden	
																abrupt audigr. bij 500 Hz	

Diagram 4
*Het kwalitatief spraakaudiogram bij
hardhorenden met abrupt toonaudiogram.
Afsnijfrequentie 500 Hz.*

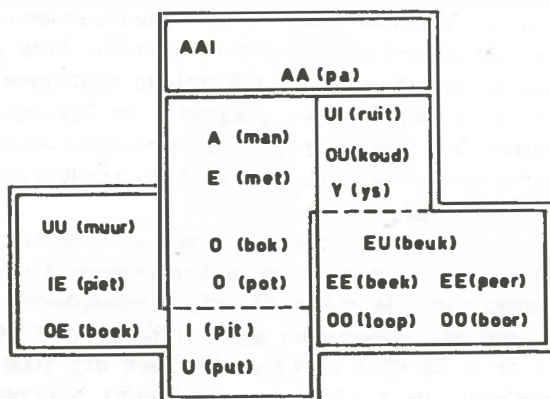


Fig. 26. Schematisch overzicht van de acoustische discriminatie-moeilijkheden voor vocalen bij discantdoven.

Bij de consonanten zijn de gedragsveranderingen ten opzichte van de normaalhorenden de volgende:

7. De verwisselingsvoorkeur van de n (nee) voor de m (man) neemt sterk toe, en neemt ten opzichte van de l (lief) af. Wellicht zou men uit dit laatste kunnen concluderen, dat de l (lief) boven de 500 Hz voor de decoding van de spraak door de taalbezittende mens eigenschappen heeft, die enige overeenkomst met de n (nee) zullen vertonen.
8. Van een toeneming van de voorkeur van verwisseling van de m (man) in de n (nee) blijkt echter niets.
9. De voorkeur van verwisseling van de t (tante) in de k (koe) neemt toe.
10. De voorkeur van verwisseling van de t (tante) in de p (piet) neemt af.
11. De voorkeur van verwisseling van de s (soep) in de f (fiets) neemt toe.
12. De voorkeur van verwisseling van de s (soep) in de t (tante) en k (koe) neemt af.
13. Zeér sterk neemt toe de verwisselingsvoorkeur van d (dame) voor de b (bek).
14. De verwisselingsvoorkeur van de d (dame) in de w (water) en de z (zie) neemt af.
15. Het ook bij normaalhorenden gesignaleerde verschijnsel, dat bij een zeer laag woordarticulatiepercentage (beneden 20%) van een geringere gerichtheid der phoneemverwisselingsvoorkeur sprake is, is niet uit dit diagram af te leiden, maar werd ook bij deze hardhorenden gevonden.

h. Het verstaan van conversatiespraak door enkele andere groepen doven

Diagram 5, 6, 7 geven kwalitatieve audiogrammen van hardhorenden met respectievelijk: afsnijfrequentie 1000 Hz, afsnijfrequentie 2000 Hz en een geleidelijk dalend audiogram. Deze diagrammen zijn tussenstadia tussen diagram 1 en diagram 4 (groeps-spraakaudiogrammen van respectievelijk normaalhorenden en geleidingsdoven enerzijds en het diagram voor de hardhorenden met een abrupt audiogram bij 500 Hz anderzijds).

In de volgorde van diagram 4, diagram 5 en diagram 6 ziet men de kenmerken van de zeer sterk uitgesproken discantdoofheid geleidelijk verdwijnen. De relatief, bij discantdoven met afsnijfrequentie bij 500 Hz, toegenomen moeilijkheid voor het herkennen van de m, n, l en r is vrij kritisch bij het bij 1000 Hz abrupte audiogram verdwenen. De t (tante) en s (soep) blijven voor alle discantdoven relatief moeilijke phonemen, evenals v (eyen).

bode	nee	tante	rood	dame	soep	man	lief	set	koe	pa	pit	pen	dragen	even	hoed	ijs	beek	gie
ig 28	m 90	k 55	l 1	b 42	t 40	e 14	n 19	i 7	t 80	ai 0	u 28	n 47	v 16	w 15	w 3	ee 20	ij 1	w 15
- 2	l 57	p 53	n 0	v 3	f 13	o 11	m 3	a 17	p 12	a 0	e 4	l 16	z 9	z 30	z 2	ui 4	oo 3	v 12
+ 3	ng 13	s 11	d 0	w 8	k 10	i 0	ng 0	o 11	s 6		a 0	ng 2	t 3	g 7	g 1	ou 5	ui 0	d 9
	r 1	d 9	- 18	z 4	g 18	ij 3	r 0	ij 9	f 0		o 3	- 3	f 4	h 15	- 5	ou 0		j 5
	- 8	- 46	+ 51	- 4	- 93	aa 2	- 11	ui 1	- 7		ee 13	+ 2	s 8	- 4	+ 8	aa 0		h 0

nacht	water	dief	hek	lopp	piet	dom	fiet	ppt	boek	bang	boor	pvt	ruit	peer	ja	koud	maur	nu
s 12	v 7	oe 6	d 14	ee 9	t 20	e 17	s 17	e 12	ie 7	n 11	ee 3	i 23	ij 10	oo 8	z 1	a 8	ie 23	
k 4	z 13	uu 7	w 5	ij 2	k 5	a 12	t 16	a 9	uu 2	m 3	eu 0	o 1	ou 1	ou 0	v 0	ui 2	oe 1	
p 2	d 2		z 2	ui 2	v 9	i 5	k 5	i 0	i 1	l 2	ui 0	e 2	oo 2	ij 0	w 3	ij 0		
t 0	h 1	ee 2	v 4	e 4	a 2	ui 0	p 11	u 0	e 0	r 1		a 0	aa 0		l 1	aa 1		
- 6	- 1	u 0	- 1	ou 1	- 8	ij 3	- 8	ou 0	u 0	- 0						ee 0		

Diagram 5
*Het kwalitatief spraakaudiogram bij hardhorenden
met abrupt toonaudiogram.*
Afsnijffrequentie 1000 Hz.

bode	nee	tante	rood	dame	soep	man	lief	set	koe	pa	pit	pen	dragen	even	hoed	ijs	beek	gie
ig 27	m 69	k 41	l 3	b 57	t 47	e 8	n 24	i 7	t 92	ai 2	u 26	n 102	v 31	w 24	w 1	ee 20	ij 0	w 54
- 1	l 77	p 90	n 0	v 2	f 29	o 4	m 3	o 22	p 9	a 11	e 5	l 25	z 16	z 65	z 3	ui 5	ou 4	v 6
+ 1	ng 31	s 17	d 0	w 10	k 8	i 0	ng 0	o 12	s 8		a 0	ng 4	t 4	g 15	g 8	oo 10	ui 0	d 11
	r 1	d 8	- 10	z 4	g 18	ij 0	r 3	ij 8	f 2		o 28	- 30	f 11	l 17	- 12	ou 0		j 4
	- 14	- 61	+ 68	- 2	- 157	aa 0	- 20	ui 4	- 8		ee 13	+ 1	s 26	- 8	+ 2	aa 3		h 1

nacht	water	dief	hek	lopp	piet	din	fiet	ppt	boek	bang	boor	pvt	ruit	peer	ja	koud	maur	nu
s 12	v 4	oe 2	d 7	ee 7	t 30	e 18	s 36	e 11	ie 7	n 9	ee 0	i 22	ij 11	oo 2	z 10	a 5	ie 24	
k 5	z 32	uu 2	w 3	ij 2	k 18	a 18	t 19	e 16	uu 0	m 5	eu 0	o 2	ou 1	ou 1	v 0	ui 2	oe 0	
f 2	d 8	u 0	z 2	ui 0	v 9	i 8	k 8	i 0	i 4	l 1	ui 0	e 2	vv 3	ij 0	w 3	ij 0		
t 1	h 1	ee 1	v 5	e 3	s 3	ui 0	p 25	u 0	e 0	r 0		a 0	aa 0		l 3	aa 0		
- 8	- 2	u 0	- 1	ou 0	- 17	ij 5	- 21	oo 0	u 0	- 0						ee 0		

Diagram 6
*Het kwalitatief spraakaudiogram bij hardhorenden
met abrupt toonaudiogram.*
Afsnijffrequentie 2000 Hz.

bode	nee	tante	rood	dame	soet	man	lief	met	koe	pa	pit	men	dragen	even	hoed	ijs	boek	zie
ig 41	m 183	k 121	l 5	b 95	t 91	e 30	n 48	i 11	t 163	aa 0	u 50	n 72	v 37	w 15	w 5	ee 79	ij 9	w 123
- 3	l 108	p 96	n 1	v 3	f 33	o 18	m 4	a 39	p 14	a 0	e 3	l 40	z 14	z 83	z 6	ui 9	oo 13	v 26
+ 6	ng 20	s 16	m 0	w 15	k 5	i 3	ng 0	o 20	s 12		e 2	ng 3	t 1	g 11	g 0	ou 4	ni 3	d 14
	r 0	d 5	- 30	z 2	g 10	ij 0	r 0	ij 3	f 0	o 0	- 5	f 12	h 24	- 12	ou 0		j 8	
- 6	- 103	- 121	+ 90	- 5	- 205	aa 1	- 33	ui 1	- 10		ee 2	t 2	s 5	- 6	+ 6	aa 0		

nacht	water	diep	hek	loop	piet	dun	fiets	pot	boek	bang	boor	put	ruil	peer	ja	koud	muur	ny
s 36	v 19	oe 14	d 29	er 16	t 45	e 41	s 53	e 19	ie 12	n 10	ee 9	i 51	ij 31	ou 5	z 3	a 5	ie 60	
h 3	z 31	uu 13	w 4	ij 5	k 12	a 27	t 12	a 21	uu 3	m 6	eu 2	o 11	ou 3	eu 0	v 1	ui 7	oe 9	
p 5	d 2	ee 0	z 5	ui 2	v 27	i 9	k 11	i 0	i 1	l 7	u 0	e 1	oo 1	ij 1	w 8	ij 3		
t 0	k 3	u 1	v 7	e 3	s 0	ui 21	p 0	u 1	e 0	r 0		a 0	aa 0		l 0	aa 0		
- 13	- 2		- 0	ou 3	- 14	- 5	- 16		u 0									

Diagram 7
*Het kwalitatief spraakaudiogram bij hardhorenden
met een geleidelijk dalend toonaudiogram*

i. *Het verstaan van onder distorsie aangeboden stemhebbende spraak aan normaalhorenden*

α. Kwalitatief

Diagram 8 toont het kwalitatieve spraakaudiogram van een groep normaalhorenden, aan wie de conversatiespraak onder de voorwaarden volgens fig. 6a, hoofdstuk II, werd aangeboden. Deze groep kreeg de spraak dus te horen onder omstreeks overeenkomstige condities als de groep hardhorenden met een bij 500 Hz abrupt audiogram. De phoneemverwisselingen komen overeen met deze groep hardhorenden.

β. Kwantitatief

In de kwantitatieve spraakaudiogrammen bestaan enkele verschillen. Het kwantitatieve spraakaudiogram ligt voor de artificieel hardhorenden, die geen enkele oefening hebben in het herkennen van de in deze vorm aangeboden spraak, ongeveer 10 db naar rechts verschoven ten opzichte van de geoefende hardhorenden. Het discriminatieverlies is gemiddels omstreeks 8% groter. Bij een articulatiepercentage van de kunstmatige dove van 30% en van de geoefende hardhorende van 38% betekent dit een groot verschil. Dit is zeker in dit gebied, waar de grens voor het verstaan van zinnen ligt, van zeer grote sociale betekenis.

bodg	nee	tante	rood	dame	roep	mo	lief	met	hoe	pa	pjt	gen	dragen	eyen	hoed	lis	boek	gie
ig 21	n 88	k 66	l 1	b 21	t 19	e 27	n 9	i 11	t 72	aai 3	u 33	n 61	v 22	v 22	v 0	en 13	ij 2	v 31
- 1	l 27	p 61	n 0	v 2	f 16	o 6	m 11	s 24	p 17	a 2	e 4	l 11	x 15	x 39	x 2	ui 13	oo 7	v 13
+ 2	ng 15	s 15	d 0	w 7	k 5	i 6	og 0	o 7	s 13		a 0	ng 0	t 6	g 8	g 6	oo 5	ui 0	d 6
	r 0	d 2	- 6	s 11	g 12	ij 2	r 3	ij 6	f 0		o 5	- 4	f 3	h 9	- 14	ou 2		j 7
	- 9	- 48	+ 69	- 3	- 80	- 5	en 23	ui 11	- 14		ee 13	+ 2	s 16	- 5	+ 2	en 3		h 0
	+ 44	+ 61		+ 7	+ 65	u 3	+ 28	oe 4	+ 5		le 4	- 10	+ 0					- 4

macht	gatar	dief	hek	lopp	piet	dus	fiets	ppt	boek	hang	toor	pjt	ruit	pgr	ja	kond	meer	na
s 18	v 6	oe 9	d 12	ee 24	t 20	e 27	s 18	e 19	le 23	n 24	ee 14	i 9	ij 12	oo 3	x 0	a 3	le 9	
k 3	x 20	en 8	w 4	ij 10	k 4	a 18	t 11	s 7	en 2	s 3	en 0	o 0	oo 0	oo 2	en 2	ui 7	oe 1	
f 1	d 10	u 1	x 3	ui 3	v 4	i 9	k 7	l 1	i 7	l 0	ui 0	e 0	oo 1	ij 0	w 4	ij 2		
t 1	h 1	ee 1	v 2	e 4	s 4	ui 3	p 10	u 6	e 0	r 0		s 0	aa 0		l 3	aa 1		
- 8	- 0	u 0	- 1	oe 0	- 13	- 12	- 18	oo 0	u 3	- 0					ee 0			
+ 6	+ 1	+ 1	+ 1	+ 1	+ 8	+ 1	+ 3		oo 0	+ 0					e 1			

Diagram 8
*Het kwalitatief spraakaudiogram bij kunstmatig hard-
horenden met een abrupt toonaudiogram bij 500 Hz*

Deze gunstige afwijkingen van de hardhorenden in deze groep gelden alleen voor de gecompenseerde gevallen, die men uitsluitend onder de meer intelligente hardhorenden vindt. Met een doelmatige gerichte hoortraining is waarschijnlijk nog veel hulp te bieden. Vooral bij de minder intelligente hardhorenden, die veel minder hun functieverlies hebben gecompenseerd bij het wederom leren verstaan van spraak, zijn waarschijnlijk nog veel mogelijkheden hiertoe aanwezig.

j. Overige kwalitatieve waarnemingen

Zoals in hoofdstuk IV wordt medegedeeld bestaan er kenmerkende verschillen tussen het kwantitatieve fluisterspraak- en conversatiespraakaudiogram. Ook is daar medegedeeld, dat bij het verstaan van fluisterspraak aan de discantdoven bijzondere moeilijkheden in de weg worden gelegd. Dit was voor ons aanleiding, dat gedeelte van het klankspectrum, dat aan deze discantdoven is onthouden, bij normaalhorenden op zijn bijzondere hoedanigheden ten aanzien van de fluisterspraak te onderzoeken.

Hierbij bleek ten eerste; dat de verstaanbaarheid van de

fluisterspraak bij afsnijding van de frequenties beneden 2000 Hz relatief goed bleef.

Snijdt men bij de conversatiespraak de frequenties beneden 2000 Hz af, dan vertoont de conversatiespraak bij kwalitatief spraakaudiometrisch onderzoek van normaalhorenden bij enige phonemen eenzelfde phoneemverwisselingsvoorkeur als de fluisterspraak vertoont indien deze zonder distorsie wordt aangeboden.

Voor de hoortraining van basdoven kan dit zijn bijzondere consequenties hebben. Naar aanleiding van deze gegevens valt immers te overwegen de hoortraining bij deze groep met fluisterspraak te beginnen.

Tenslotte vestigen wij de aandacht op fig. 27. Hierin zijn de frequenties van de belangrijkste formanten van enkele vocalen schematisch aangegeven.

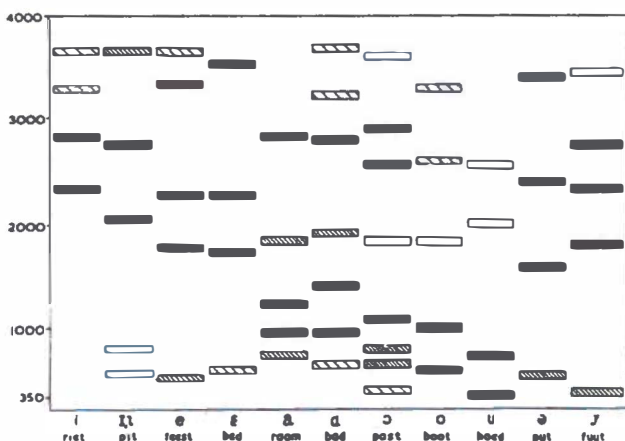


Fig. 27. Resultaat van een onderzoek naar spectrale energieverdeling van de klinkers door v.d.Berg. Uitgezet op de wijze zoals dit bij de Visible Speech methoden gebruikelijk is. Zwarting in 5 trappen: 20-15 db, 15-10 db, 10-5 db, 5-0 db en 0 db.

Uit het kwalitatieve onderzoek naar het verstaan van gefilterde spraak bij normaalhorenden, en uit het kwalitatieve onderzoek naar het verstaan van spraak door hardhorenden met abrupte audiogrammen blijkt dat voor de decodering van de spraakklanken door de mens ook andere factoren van belang zijn dan de formanten. Deze spelen blijkbaar een meer bescheiden rol dan voorheen veelal is aangenomen. Zelfs voor de meest statische klanken, de zuivere vocalen, geldt dit. Zo zou bijvoorbeeld op grond van fig. 27 bij een afsnijding beneden 500 Hz eerder een verwisseling van

de i (pit) met de e (bed) of met de ee (feest) verwacht mogen worden dan met de u (put). Bij deze afsnijding bestaat echter een sterke voorkeur voor verwisseling met de u (put).

Eveneens zou men op grond van de formanttheorie voor het spraakverstaan niet verwachten dat bij een dergelijke lage afsnijding de oe (hoed) als ie (riet) wordt gehoord. Men zou onder deze conditie wel verwachten dat de ie (riet) als oe (hoed) wordt waargenomen. Deze beide verwisselingen komen bij ons onderzoek echter in even grote mate voor, waarbij de verwisseling van de oe (hoed) in de ie (riet) echter nog iets frequenter is dan de omgekeerde!

Wij ontkomen niet aan de indruk, dat voor de beoordeling van het belang van de elementen, waaruit de phonemen zijn opgebouwd, vooral aan de *dynamiek* binnen het phoneem moet worden gedacht.

Dat wil zeggen dat aandacht zal moeten worden besteed aan de verandering van de spectrale energieverdeling per kleine tijd-eenheid binnen het phoneem.

Voor een bestudering van de betekenis hiervan zou echter een geheel andere wijze van onderzoek nodig zijn. Wij denken hierbij aan het aanbieden van spraak met korte periodieke onderbrekingen. Een exact onderzoek naar de phoneemverwisselingen zou ook dan bijzondere betekenis kunnen hebben.

Voor de toepassingsmogelijkheden van het in dit hoofdstuk beschreven onderzoek verwijzen wij naar het hoofdstuk VII.

H o o f d s t u k V I

MOMENTEEL GEBRUIKELIJKE NORMEN TER AFLEIDING VAN DE VALIDITEIT VAN DE HARDHORENDE UIT DE VALIDITEIT VAN HET GEHOORORGAAN

Is reeds, zoals uit het voorgaande volgt, het vaststellen van de validiteit van het gehoororgaan op zichzelf niet eenvoudig aanzienlijk gecompliceerder is nog het vraagstuk van de vaststelling van de vermindering van de validiteit van de patient als geheel ten gevolge van de handicap door het gehoorverlies teweeg gebracht.

De vraag om verminderde arbeidsvaliditeit in een nauwkeurig percentage uit te drukken is nog niet erg oud. In Nederland dateert de vraag eigenlijk van de invoering van de Ongevallenwet in 1901 af. In de andere West-Europese landen dient het vraagstuk zich ongeveer te zelfder tijd aan. Duitsland ging in 1884 met deze wetgeving door, waarna Engeland de U.S.A. en Frankrijk vlak daarop volgden.

De waardering van de vermindering van de validiteit, voor wat betreft de arbeidsgeschiktheid, is echter slechts één aspect van de validiteitsvermindering bij hardhorendheid. En het is voor de getroffen dikwijls bij lange na niet het belangrijkste. De uitval van het contact met de medemens uit zich ook buiten het beroep.

Het is niet de bedoeling van dit onderzoek geweest de psychologie van de hardhorende hierin mede te betrekken. In verband met algemeen verbreide misvattingen over de ernst van het lijden van de dove leek het echter nodig hier nog eens de aandacht op te vestigen. Vooral ook, omdat in het voorgaande dikwijls sprake is geweest van een kwantitatieve vaststelling in procenten van de sociale validiteit van het gehoororgaan. Men late zich daarbij niet verleiden tot de conclusie, dat men deze handicap met een aanvullend percentage kan compenseren, zoals men een pink, een ringvinger of een breuk compenseert. Het verlies van dit zintuig grijpt diep, zeer diep in het leven van vele van deze patienten in.

Het verlies van de hoorfunctie beïnvloedt de ontwikkeling van de persoonlijkheid, reden, waarom dit verlies op jeugdige leeftijd zo ernstige gevolgen heeft.

Het waarnemen en interpreteren van de waarschuwingsgeluiden

is bemoeilijkt of onmogelijk geworden, waardoor het aantal bedrijfs- en verkeersongevallen in de groep hardhorenden is verhoogd.

Het normale achtergrondlawaai is voor de slechthorende verdwenen, de normale entourage van geluiden, waardoor men deel voelt te zijn van het leven om zich heen, en het is wellicht mede door dit verlies, waardoor hij zich zozeer voelt buitengesloten en depressieve neigingen zich bij de dove dikwijls verder ontwikkelen.

Voor degene, die een slechthorende onderzoekt is het van belang te weten hoe ernstig de subjectieve klachten zijn. Hoeveel last de patient persoonlijk van zijn doofheid ondervindt.

Subjectieve klachten lenen zich uitermate slecht tot een nauwkeurige vaststelling in maat en getal. Een poging hiertoe is echter toch gedaan door de patienten gestandariseerde vragenlijsten aan te bieden, terwijl ook de mogelijkheden tot antwoorden zoveel mogelijk zijn gestandaardiseerd. Om dus een indruk te krijgen van de subjectief ondervonden lasten, doch ook om een indruk te krijgen van de mate, waarin de slechthorende nog gebruik maakt van de mogelijkheden van sociaal contact, zijn de in tabel 7 afgebeelde vragenlijsten aan de patienten aangeboden.

Er is getracht enig verband te vinden tussen de antwoorden en het objectief bepaalde gehoorverlies. Het bleek echter, dat tal van patienten, met objectief een ernstig gehoorverlies, hun lasten op de vragenlijst aanzienlijk geringer aangaven dan sommige patienten met een objectief gering verlies. Het was niet mogelijk op grond van de uitkomsten van deze vragenlijst de oorzaak van de geringe correlatie van de subjectieve klachten met de objectieve afwijkingen aan te geven.

Ongetwijfeld spelen daarbij verschillende factoren een rol. In de eerste plaats loopt de uit het beroep voortspruitende noodzaak tot sociaal contact zeer sterk uiteen. In tal van ongeschoolde en laaggeschoolde beroepen is daar dikwijls vrijwel in het geheel geen behoefte aan. In de meer geschoolde en in de leidende functies staat en valt een behoorlijke vervulling van de taak er veelal mee.

De behoefte aan sociaal contact, voortkomend uit een persoonlijke behoefte, gaat hiermee dikwijls nog parallel en is steeds van geval tot geval sterk wisselend.

Ook maken lang niet alle patienten voldoende en op juiste wijze gebruik van hun gehoorresten.

In vele landen heeft men echter een wettelijke leidraad gegeven, hoe de verschillende graden van gehoorverlies moeten worden gewaardeerd, en welke geldelijke tegemoetkomingen daarbij dienen

Naam _____

Datum _____

Met een gehoorapparaat ja/nee

Geen ruitje zwart maken als U hierbij geen moeilijkheden ondervindt

Een ruitje zwart maken als U slechts zeer weinig moeilijkheden ondervindt

Twee ruitjes zwart maken als U weinig moeilijkheden ondervindt

Drie ruitjes zwart maken als U enige moeilijkheden ondervindt

Vier ruitjes zwart maken als U hiervan zelden iets verstaat

Zes ruitjes zwart maken als U hiervan nooit iets hoort.

Gaarne onderstaande tabel invullen volgens de hier bovenstaande aanwijzingen

Gesprek van man tegen man van dichtbij						
Gesprek van man tegen man op 2 a 3 m						
Gesprek van een groep mensen om een tafel						
Gesprek van een groep mensen verspreid in een kamer						
Spreken achter Uw rug						
Geluiden in dezelfde kamer						
Telefoongesprek						
Schouwburg of bioscoop midden in de zaal						
Radio bij afstelling voor normaal gehoor						
Geluiden in naburige kamers						
Vertrouwelijk gesprek (zachtjes gesproken of gefluisterd)						
Kerk of lezingen midden in de zaal						
Geluiden van buitenshuis						
Deurbel en telefoonbel						

Tabel 7

Vragenlijst ter beoordeling van de subjectieve gehoorsklachten

te worden gegeven. In tabel 8 is een overzicht gegeven van de richtlijnen, zoals die in de verschillende landen bestaan. De gegevens van deze tabel zijn verzameld door het „Comité des barèmes d'invalidité" ingesteld door de „Société Internationale d'Audiologie", het comité stond onder voorzitterschap van Arslan.

Bij de bestudering van deze tabel vallen ons de aanzienlijke verschillen in waardering in de onderscheidene landen op.

In de eerste plaats is de gecompliceerdheid van de materie daaraan uiteraard niet geheel vreemd. Maar ook zijn er onderling

afwijkende methoden en faciliteiten bij het gehooronderzoek, en verschillen in wetgeving ten aanzien van bepaalde bedrijfsongevallen, waarbij het verschil in sociaal niveau van de landen mede een rol speelt.

Op enkele bijzondere verschillen in de betreffende wetgeving is het wellicht nog gewenst te wijzen. Zowel omstandigheden, die ver van het wezen en de betekenis van de invaliditeit afstaan, alsook die daar ten nauwste mee verbonden zijn, komt men hierbij tegen. Zo is de waardering in Brazilië en Californië afhankelijk van de oorzaak van het lijden, terwijl de leeftijd en het beroep, voorafgaande aan de doofheid, mede in rekening moeten worden gebracht. Brazilië kent daarbij maar liefst 966 beroepsonderscheidingen, waarbij bij éénzelfde beroep in een verschillend bedrijf uitgeoefend, nog dikwijls weer een verschillende waarderingscoëfficiënt wordt toegekend.

Volgens mededelingen, die het comité ontving van de Heer Koudriazjev, hoofd van de afdeling buitenland van de centrale raad van vakverenigingen in de U.S.S.R., is aldaar de uitkering bij hardhorendheid onafhankelijk van de diensttijd, bij bedrijfsongeval echter hoger dan bij ziekte en mede afhankelijk van 1. de oorzaak, 2. de mate van invaliditeit, 3. de bedrijfstak en 4. het vroeger genoten salaris. Ook de mate van invaliditeit wordt daar bepaald door naast de medische gegevens het karakter van de voorafgegane arbeid in aanmerking te nemen.

In Duitsland kunnen de in de tabel aangegeven normen nog worden verhoogd, indien er bijkomende klachten, zoals duizeligheid of oorsuizen zijn.

De ontwikkeling in de Verenigde Staten is vooral interessant geweest, doordat daar, behalve de invaliditeitsuitkering, de uitkering van „smartegeld” een belangrijke rol speelt. Indien geen loonderving heeft plaats gevonden, kan daar toch een compensatie actie worden ingesteld in geval van hardhorendheid ontstaan bij de vervulling van de arbeidstaak. Dit had tot gevolg, dat van twee arbeiders, die hetzelfde werk deden, de één belangrijk meer kon „verdienen” als gevolg van een „smartegeld” uitkering, tengevolge van een inmiddels verworven beroepsdoofheid.

Deze consequentie heeft men toch niet volledig durven trekken.

Voorals niet, nadat na het eerste succesrijke proces in deze, dat als „Slawinski case” bekend staat, het aantal aanvragen voor dit smartegeld een onrustbarende stijging begon te vertonen. Men heeft toen deze compensatie actie op een zijspoor gerangeerd door te gaan eisen, dat moest worden aangetoond, dat van een blijvende acoustische beschadiging en niet van een acoustische vermoeidheid sprake was. Dit had hierom zo belangrijke consequenties, omdat de

betreffende wetgeving in de staat New York voor de toewijzing van de compensatie „*permanent partial disability*” eist. Het lawaai-trauma is oorzaak van een gedeeltelijk permanent en gedeeltelijk tijdelijk functieverlies van het gehoororgaan. Volgens de mening van de otologische experts, die in dit geval deze rechtbank adviseerden, is, teneinde na te gaan welke de blijvende en welke de tijdelijke component van het functieverlies is, het noodzakelijk: „for the individual to remove himself from the noise exposure for a period of at least six months to a year in order to rule out the element of acoustic fatigue so that the degree of permanency could be established”. Bij de niet toewijzing van de eis is hier gesteld, dat de zaak „was closed without prejudice to the claimant's right to reopen it whenever he had evidence to support such application”.

Hiermee heeft men in de eerste plaats bereikt, dat geen smartegeld wordt uitgekeerd, zolang de arbeider in zijn werk in staat is het volle loon te verdienen. Terwijl niet is afgedaan aan zijn uiteindelijke recht op de compensatie. De compensatie kan dan verstrekt worden op het ogenblik, dat de werker geacht kan worden deze het meest nodig te hebben.

In de tweede plaats is de affaire hier enigszins mee op de lange baan geschoven, waardoor het voor de hierbij sterk betrokken industrieën mogelijk zal worden de nodige reserveringen voor dit doel te treffen. De belangen immers, die hiermee waren gemoeid, waren bijzonder groot, en aangezien dit voor vele bedrijven een geheel onverwachte ontwikkeling was, waren ook geen reserves voor dit doel gevormd. Voor de kleinere bedrijven was het derhalve ook volkomen onmogelijk aan de eventueel toegewezen compensaties te voldoen. In de zware industrie is namelijk de lawaai-dooftheid de beroepsziekte met veruit de belangrijkste financiële consequenties.

Het probleem is uiteraard met de hierboven geschetste gang van zaken niet opgelost, ook kan de oplossing ternauwernood elegant genoemd worden. Immers vele vragen, zoals die betreffende de verzorging van een tijdig ingestelde behandeling in de vorm van een hoortraining, zijn hierbij in het geheel niet aangeraakt.

Ook voor ons land is de gang van zaken van belang. Hierbij moet ook worden gedacht aan art. 1638 B.W.

Dit artikel luidt: „De werkgever is verplicht de lokalen werktuigen en gereedschappen, waarin of waarmee hij den arbeid doet verrichten, op zodanige wijze in te richten en te onderhouden, alsmede omtrent het verrichten van den arbeid zodanige regelingen te treffen en aanwijzingen te verstrekken, dat de arbeider tegen gevaar voor lijf, eerbaarheid en goed zover beschermd is, als redelijkerwijze in verband met den aard van den arbeid gevorderd kan worden. Zijn die verplichtingen niet nagekomen, dan is

de werkgever gehouden tot vergoeding der schade aan den arbeider dientengevolge in de uitoefening zijner dienstbetrekking overkomen, tenzij door hem het bewijs wordt geleverd, dat de niet nakoming aan overmacht, of die schade in belangrijke mate mede aan grove schuld van den arbeider is te wijten, alles behoudens de bepalingen van Hoofdstuk XI der Ongevallenwet 1901".

Hoofdstuk XI van de Ongevallenwet „Van den invloed van de verzekering op het burgerlijk recht" ontheft de werkgever van diens aansprakelijkheid van de ongevallen, waarin door de Ongevallenwet en de Land- en Tuinbouwongevallenwet is voorzien. Dit zijn dus de ongevallen in verband met de uitoefening van het bedrijf overkomen en de beroepsziekten.

Aangezien in Nederland de lawaaidoofheid nog steeds niet als beroepsziekte is erkend, biedt ons dus het bovengenoemde artikel uit het B.W. het enige houvast ten aanzien van de schadevergoedingsmogelijkheid. Veel zal dus afhangen van de interpretatie van het woord *redelijkerwijze* in het eerste lid.

Het komt ons voor, dat uit welke gezichtshoek men deze kwestie ook wil beschouwen, een redelijke interpretatie hiervan tot gevolg moet hebben, dat aan de lawaaibestrijding in de Nederlandse bedrijven aanzienlijk meer aandacht zal moeten worden besteed, dan tot nu toe is geschied. Dat men, gezien de aard van de preventieve maatregelen, daarbij, wil men resultaten bereiken, moet rekenen op de absolute medewerking van de betrokken arbeiders, spreekt vanzelf.

Zeker als de lawaaidoofheid wordt erkend als beroepsziekte in de zin van de Ongevallenwet, zal de medische professie nog de vraag moeten worden gesteld, doeltreffende normen aan te geven zodat de validiteit van de werker in een percentage kan worden uitgedrukt of althans in een aantal groepen kan worden geklassificeerd. Het komt ons voor, dat de normen, die hiervoor in het buitenland gesteld zijn, hoewel zij wellicht een richtlijn geven, nog zo uiteenlopen, dat zij onvoldoende houvast bieden. Om tot vaststelling van deze normen te komen, zullen onder meer vele arbeidsanalyses moeten worden verricht, waarbij moet worden nagegaan, welke de invloed is van uitschakeling van het gehoor bij het uitvoeren van de arbeidstaak.

SAMENVATTING EN CONCLUSIES

In dit proefschrift wordt een onderzoek beschreven naar de validiteit van het gehoororgaan van normaalhorenden en hardhorenden.

Na een lijst van definities van de meest gebruikte termen wordt in hoofdstuk I een historisch overzicht gegeven over de tot nu toe gevolgde methoden van gehoorfunctie-bepaling.

§ a geeft een beschrijving van de liminale en de supraliminale functie-bepalingen met behulp van zuivere tonen. Op de grote betekenis van de supraliminale gehoorfunctie voor het spraak-verstaan wordt gewezen.

In § b wordt de historische ontwikkeling van het functie-onderzoek van het gehoor voor het verstaan van spraak beschreven; eveneens wordt hierin een overzicht gegeven van de frequentie, waarmee de verschillende phonemen in de Nederlandse taal voorkomen.

In hoofdstuk II is de apparatuur, die bij het onderzoek is gebruikt, beschreven. Deze apparatuur is op de illustratie op pag. 23 afgebeeld. Het prikkelmateriaal heeft bestaan uit de bekende voor het Nederlands samengestelde phonetisch gebalanceerde lijsten, die worden aangeduid als Groninger P.B.lijsten. Tijdens het onderzoek kwamen phonetisch gebalanceerde lijsten voor het Fries ter beschikking. Naar aanleiding van de eveneens ter beschikking gekomen gegevens betreffende de phoneemfrequenties in het Fries, is een vergelijking van de phoneemfrequenties voor het Fries en het Nederlands gemaakt.

Phonetisch gebalanceerde lijsten voor het Nederlands, uit nonsenswoorden bestaande, werden samengesteld. Deze laatste worden aangeduid als Groninger P.B.N.lijsten. In het bijzonder ten behoeve van de hoortraining zijn samengesteld lijsten bestaande uit woorden, die bij verandering van één phoneem van betekenis veranderen, doch wel zinvol blijven. Deze lijsten worden aangeduid als Phoneem Discriminatie lijsten (P.D.lijsten). Al deze lijsten zijn zowel in de vorm van conversatiespraak als in de vorm van fluisterspraak aangeboden.

In hoofdstuk III wordt het kwantitatieve onderzoek naar de validiteit beschreven. Na een beschrijving van het kwantitatieve spraakaudiogram is aangeduid op welke wijze Walsh en Silverman

en hoe Hallowell Davis tot een validiteitsindex op basis van dit spraakaudiogram komen. Daarna worden de methoden ter vaststelling van een validiteitsindex op de grondslag van het drempelaudiogram voor zuivere tonen genoemd. Achtereenvolgens zijn de methoden beschreven volgens: het Committee on Audiometers and Hearing Aids of the American Medical Association, E.P.Fowler, H.Fletcher en J.Fournier. Aangezien bij een grote groep door ons onderzochte hardhorenden geen onderlinge overeenkomst tussen de bekende methoden der validiteitsbepaling te vinden bleek, werd deze gesplitst in vijf groepen, teneinde na te gaan of wellicht althans in één dezer groepen overeenkomst tussen de uitkomsten van de verschillende methoden was op te merken. De groepen waren:

- a. hardhorenden met een geleidingsdoofheid;
- b. hardhorenden met een abrupt toonaudiogram bij 500 Hz;
- c. hardhorenden met een abrupt toonaudiogram bij 1000 Hz;
- d. hardhorenden met een abrupt toonaudiogram bij 2000 Hz;
- e. hardhorenden met een geleidelijk dalend toonaudiogram.

Er was ook in deze groepen geen voldoende overeenkomst tussen de verschillende methoden (fig. 10, 11, 12, 13, 14). De tot nu gebruikelijke methoden ter vaststelling van de validiteit van het gehoororgaan worden daarna aan een critische beschouwing onderworpen. Het blijkt, dat aan alle ernstige bezwaren kleven. De methoden ter bepaling van de validiteit op basis van het toonaudiogram kunnen niet voldoen, aangezien:

1. het spraakverstaan zich niet aan de gehoordrempel, doch aanzienlijk daarboven afspeelt;
2. het gehoororgaan boven de gehoordrempel eigenschappen heeft, die niet van de gehoordrempel afhankelijk behoeven te zijn;
3. met behulp van drempelaudiometrie voor zuivere tonen niet is na te gaan in hoeverre de patient op bijzondere wijze zijn spraakgehoorverlies heeft gecompenseerd.
4. de redundancy van de spraakklanken bij deze methoden niet in rekening is gebracht.

De beide tot nu bekende methoden ter bepaling van de validiteit op basis van de spraakaudiometrie hebben ook enige belangrijke bezwaren.

- a. Ten aanzien van de methode ontwikkeld door Walsh en Silverman geldt:
 1. Deze validiteitsindex staat in een lineaire verhouding tot de percentages goed verstandene woorden van een P.B.lijst.
 2. De validiteit wordt echter in de praktijk vooral bepaald door het verstaan van zinnen, en tussen het verstaan van zinnen en het verstaan van woorden van een P.B.lijst bestaat geen lineaire relatie.

3. De signaal-ruisverhouding is bij deze methode buiten beschouwing gelaten.
4. De absolute intensiteitsniveau's, die door Walsh en Silverman als criteria voor de bepaling van de validiteitsindex zijn aangewezen, zijn niet bijzonder gelukkig gekozen.

b. Ten aanzien van de door Hallowell Davis ontwikkelde methode gelden, aangezien deze methode uit de vorige is afgeleid, ook alle bovenstaande bezwaren. Deze methode heeft echter nog meer bezwaren: de door Hallowell Davis aangebrachte vereenvoudiging was gegrond op de veronderstelling, dat een kwantitatief spraakaudiogram slechts op twee wijzen (door verschuiving langs de intensiteitsas, en door verlaging van het maximum articulatiepercentage) van aspect kan veranderen.

Deze vereenvoudiging is voor dit doel niet toelaatbaar, met name niet voor hardhorenden met recruitment en voor hardhorenden, voor wie het gehoorverlies niet voor alle frequenties hetzelfde is, en waarbij de distorsie een belangrijke rol speelt.

De invoering van een validiteitsindex, die rekening houdt met bovengenoemde aspecten, lijkt gewenst. Er wordt voorgesteld hiertoe een spraakaudiogram van P.B.woorden op te nemen bij een signaal-ruisverhouding van 20 db. De articulatiepercentages voor P.B.lijsten verkregen bij 50 db, 60 db en 70 db worden voor de vaststelling van de validiteitsindex van belang geacht.

De aldus voor P.B.woorden vastgestelde articulatiepercentages worden met behulp van fig. 15 omgezet in waarderingscijfers voor zinnen en daarna wordt hun gemiddelde bepaald.

Bij 9/10 van het aldus verkregen cijfer wordt de validiteit voor het waarnemen van waarschuwingsgeluiden (W) geteld. Wat betreft het zo belangrijke wekkarakter van geluid zijn immers de geleidingsdoven meer gehandicapt dan de discantdoven, (W) wordt gewaardeerd als een belang van 10%.

Ter vaststelling van W wordt de zintuiggevoeligheid bij de frequentie van 125 Hz aan ieder oor gewaardeerd tot een maximum van 2% (en wel iedere 5 db van het drempelniveau tot 40 db voor 1/4%), de frequenties 250 Hz, 500 Hz en 1000 Hz tot 1% (ieder 5 db van het drempelniveau tot 40 db voor 1/8%). In een formule uitgedrukt wordt deze Groninger Validiteitsindex als volgt:

$$9/10 \times \frac{1 \times S_1 + 1 \times S_2 + 1 \times S_3}{3} + W$$

$$W = (T_{(L+R)125} + T_{(L+R)250} + T_{(L+R)500} + T_{(L+R)1000})$$

In Hoofdstuk IV wordt de betekenis van de fluisterspraak

voor de gehoorfunctie bepaling nader bestudeerd. In aansluiting aan de proefnemingen van Fowler en Glorig is de fluisterspraaktest nader onderzocht.

Hierbij zijn de intensiteiten die bij deze test worden verkregen aan het oor van de proefpersoon nauwkeurig geregistreerd. In overeenstemming met de proefnemingen van Fowler en Glorig kan ook hieruit worden geconcludeerd, dat de fluisterspraaktest ongeschikt is voor de bepaling van de validiteit van het gehoororgaan.

Het is aan te bevelen dat in de betreffende wettelijke voorschriften de naar aanleiding hiervan noodzakelijke wijzigingen worden aangebracht.

De door Fletcher ontwikkelde methode der kwantitatieve conversatiespraakaudiometrie is in § b op de fluisterspraak toegepast. Het blijkt, dat, in tegenstelling met de tot nu gedane veronderstellingen, fluisterspraak voor normaalhorenden bij zeer lage intensiteiten beter is te verstaan dan conversatiespraak. Ook blijkt het fluisterspraakaudiogram tot een articulatiepercentage van 80% een steiler verloop te hebben dan het conversatiespraakaudiogram (fig. 19).

Het blijkt, dat de bovenstaande uitkomsten niet alleen voor normaalhorenden, doch ook voor hardhorenden met een uniform drempeilverlies geldig zijn (fig. 19).

De fluisterspraak behoeft dus hierbij een kleinere db-span om verstaan te kunnen worden dan de conversatiespraak. Dit gegeven zal van betekenis kunnen zijn voor het onderwijs aan sommige hardhorende kinderen.

Voor hardhorenden met ernstiger gehoorverlies in de discantzone dan in de baszone blijkt ons het verstaan van fluisterspraak aanmerkelijk meer bemoeilijkt dan het verstaan van conversatiespraak (fig. 21).

In hoofdstuk V wordt een nieuwe wijze van onderzoek van de gehoorfunctie geïntroduceerd. De methode wordt aangeduid als kwalitatieve spraakaudiometrie en bestaat uit de meting van het subjectief herkenningsvermogen voor ieder der phonemen afzonderlijk, gepaard gaande met een onderzoek naar de aard der eventuele verwisselingen voor elk dezer phonemen.

In verband hiermee worden enkele nieuwe begrippen ingevoerd: Phoneem-articulatie-index (P.A.I.): het subjectief herkenningsvermogen van een phoneem bij bepaalde intensiteit. Phoneem-verwisselings-voorkeur (P.V.V.): de relatieve voorkeur, die bij het misverstaan van een bepaald phoneem voor een ander phoneem bestaat.

Na een opmerking betreffende de aanleiding tot dit onderzoek en een bespreking van de technische uitvoering, alsmede een uiteenzetting betreffende de verwerking der resultaten, wordt overgegaan tot bespreking van de uitkomsten.

In fig. 24 zijn voor normaalhorenden enkele phoneemarticulatie-indices voor onvervormde spraak met een signaal-ruisverhouding van 30 db uitgezet als functie van de intensiteit der P.B.lijsten.

Deze phoneemarticulatie-indices zijn aangegeven voor de a (pa) en e (bode) en van de ij (ijs); dit zijn respectievelijk de twee best herkenbare vocalen en de slechtst herkenbare vocaal.

Van de consonanten zijn indices aangegeven voor de slechtst herkenbaren, namelijk de s (soep) en de t (tante), alsook voor de best herkenbare de r (rood).

Omtrent de phoneemverwisselingsvoorkeur van onder deze condities aan normaalhorenden aangeboden conversatiespraak (diagr.1) worden 8 kenmerkende verschijnselen naar voren gebracht. Naar aanleiding hiervan wordt een indeling van de consonanten op auditieve basis gegeven (fig. 25). Deze indeling verschilt van de tot nu in zwang zijnde indeling op basis der spreekbeweging.

De phoneemverwisselingsvoorkeur van aan normaalhorenden aangeboden fluisterspraak is eveneens nagegaan; 9 kenmerkende auditieve verschillen ten opzichte van de conversatiespraak worden aangegeven.

De hardhorenden werden in dezelfde groepen verdeeld als bij het in hoofdstuk III aangegeven kwantitatieve onderzoek. Van ieder dezer groepen werd een kwalitatief spraakaudiogram gemaakt (diagr. 3, 4, 5, 6, 7).

Het blijkt, dat de geleidingsdoven met een uniform gehoorverlies bij de kwalitatieve spraakaudiometrie geen kenmerkende verschillen met de normaalhorenden vertonen.

De hardhorenden met abrupte afsnijding bij 500 Hz vertonen de sterkste verschillen met de normaalhorenden; 14 kenmerkende verschillen worden aangegeven. Een indeling van de vocalen op auditieve basis voor deze groep hardhorenden geeft fig. 26.

Aan een groep normaalhorenden werd verminkte conversatiespraak onder de voorwaarden volgens fig. 6a, hoofdstuk II, aangeboden. Deze groep kreeg de spraak dus te horen onder omstreeks overeenkomstige condities als de groep hardhorenden met een abrupt audiogram met afsnijding bij 500 Hz. De phoneemverwisselingen komen in beide gevallen overeen.

De phoneemverwisselingen bij normaalhorenden, aan wie conversatiespraak onder afsnijding van de frequenties beneden 2000 Hz werd aangeboden, vertonen enige overeenkomst met de phoneemverwisselingen bij de fluisterspraak.

De uitkomsten van ons onderzoek blijken ook van praktisch belang te zijn.

In de eerste plaats voor de uitvoering der audiologische revalidatie. Deze kan voortaan een meer gericht karakter dragen, namelijk aanpassing aan de specifieke moeilijkheden van de groep, waartoe de hardhorende behoort en eventueel ook aan de specifiek individuele hoormoeilijkheden, deze kunnen met behulp van het kwalitatieve spraakaudiogram voortreffelijk worden opgespoord.

In dit verband zij nog gewezen op een verschijnsel, dat min of meer toevallig door ons werd opgemerkt bij het onderzoek met P.B.N.lijsten. Het bleek, dat het verschil bij het kwantitatieve spraakaudiogram tussen P.B. en P.B.N.lijsten bij normalen geringer was dan bij hardhorenden, zie fig. 8b. Dit verschijnsel zou kunnen betekenen, dat, waar de normaal horende niet weet te kiezen tussen bijvoorbeeld l, m of n, de intelligente hardhorende, de beperktheid van de mogelijkheden bij betekenisvolle woorden uit ervaring kennende, al een keus weet te maken. Waar dit hulpmiddel hem bij de P.B.N.lijsten ontvalt, blijkt hij sterker gehandicapt.

Naar aanleiding van de resultaten van het kwalitatieve spraakaudiogram geven wij thans aan de hardhorenden hoorrecepten mee. Deze hoorrecepten bestaan uit de achterin als bijlage opgenomen Groninger Phoneem Discriminatielijsten, die zijn uitgekozen naar aanleiding van de door hardhorenden ondervonden specifieke hoormoeilijkheden. Deze lijsten worden dagelijks ongeveer een kwartier met een huisgenoot van de hardhorende geoefend. Op regelmatige tijden komt de patient de eventuele moeilijkheden dan in de polikliniek bespreken. Wij werken nog te kort met deze therapie om definitieve resultaten te kunnen mededelen, maar de voorlopige resultaten zijn wel bemoedigend. Wel krijgen wij de indruk, dat een dagelijks terugkerende, eventueel wat korter durende, oefening beter werkt dan oefeningen van langere duur met grotere tussenpoos. Een regelmatige poliklinische controle naar de voortgang van de oefentherapie is zeker voor de minder ontwikkelde groep van de patienten onontbeerlijk.

In de tweede plaats zal deze wijze van onderzoek betekenis kunnen hebben voor de opsporing van die elementen, welke bij de decodering van de spraak voor een bepaalde klank belangrijk zijn.

In de derde plaats schuilt in de kwalitatieve spraakaudiometrie een nieuwe mogelijkheid tot opsporing van simulanten. Een niet-ingewijde in de kwalitatieve spraakaudiometrie is namelijk niet in staat een correct kwalitatief spraakaudiogram na te bootsen.

In de vierde plaats zal men bij bijzondere vormen van communicatie met vrucht van deze gegevens gebruik kunnen maken. Als men bijvoorbeeld te maken heeft met een communicatie met een kleine signaal-ruisverhouding en het van groot belang is, dat bepaalde sleutelwoorden niet verkeerd kunnen worden geïnterpreteerd, dan is het van belang de samenstelling van deze woorden zo te kiezen, dat zij niet zullen worden verward. Op basis van de uitkomsten van dit onderzoek zal het mogelijk zijn die phoneem-samenstellingen te nemen, waarvan, zo er nog enige verstaanbaarheid over is bij verminkte overkomst, onderlinge verwarring vrijwel uitgesloten kan worden geacht.

In de vijfde plaats zal het mogelijk zijn de P.B.lijsten te bekorten. Het zal namelijk niet nodig zijn die phonemen, die bij geen enkel type doofheid tot moeilijkheden aanleiding geven evenredig te blijven handhaven in de lijst. Voor geleidingsdoven kan de P.B.woordlijst met name zeer aanmerkelijk worden verkort.

In hoofdstuk VII worden de momenteel gebruikelijke normen ter bepaling van de validiteit van de hardhorende uit de validiteit van het gehoororgaan besproken.

Er wordt op gewezen, dat de subjectieve klachten bij een gelijke objectieve mate van doofheid sterk uiteen kunnen lopen. Een vragenlijst, waaruit men een indruk van de subjectieve klachten kan krijgen, wordt aangegeven.

Er wordt voor gewaarschuwd de betekenis van het verlies van het gehoororgaan, dat het belangrijkste communicatiemiddel vormt, niet te onderschatten.

Bij een vaststelling van de betekenis van de gehoorfunctie voor de uitoefening van het beroep door de patient dient te worden bedacht, dat deze zeer verschillend is en dat het belang hiervan vaak toeneemt met het belang en de gespecialiseerdheid van de maatschappelijke functie.

De waardering der invaliditeit als gevolg van het gehoorverlies is thans in de verschillende landen zeer uiteenlopend (Arslan). Een algemene opinie blijkt over dit gecompliceerde vraagstuk niet te bespeuren.

SUMMARY AND CONCLUSIONS

This thesis describes an investigation into the adequacy of the auditory organ of normal hearing and hard of hearing subjects.

After a list of definitions of the most current terms Chapter I gives a historical survey on the methods hitherto employed for the evaluation of the auditory function.

§ a describes the threshold and the supraliminal hearing tests with the aid of pure tones. The high significance of the supraliminal auditory function for the understanding of speech is pointed out.

§ b deals with the historical development of the study of the auditory function for the hearing of speech; it also contains a survey of the frequency with which the various phonemes occur in the Dutch language.

In Chapter II the apparatus used for the investigation is described. An illustration of this apparatus can be found on page 23. The test material consisted of the phonetically balanced lists compiled for Dutch, called Groningen P.B.lists. In the course of the investigation phonetically balanced lists for the Frisian language came to our disposal. As data on the frequency of phonemes in Frisian were available a comparison could be drawn between the phoneme-frequencies for Dutch and Frisian.

Phonetically balanced lists for Dutch consisting of nonsense words were prepared. The latter are known as Groningen P.B.N. lists. For the purpose of auditory training in particular, lists were compiled made up of words which change in meaning when one phoneme is changed, but which do not become meaningless. These lists are termed Phoneme Discrimination lists (P.D.lists).

All these lists were read both in voice and in whisper.

Chapter III deals with the quantitative investigation into the hearing for speech. After a description of the quantitative speechaudiogram it is shown in what manner Walsh and Silverman and how Davis arrive at an adequacy index on the basis of this speech audiogram. This is followed by an account of the methods for establishing an adequacy index on the basis of the threshold audiogram for pure tones. Described are in succession the methods according to:

1. the Committee on Audiometers and Hearing Aids of the American Medical Association;
2. E.P.Fowler;
3. H.Fletcher and
4. J.Fournier.

Since no correlation could be found among the known adequacy testing methods in a large number of hard of hearing persons examined by us, these were divided into five groups in order to find out whether perhaps at least one of these groups would reveal some correlation in the results of the different methods.

The groups were:

- a. hard of hearing with a conduction deafness;
- b. hard of hearing with an abrupt tone audiogram at 500 c/s
- c. hard of hearing with an abrupt tone audiogram at 1000 c/s
- d. hard of hearing with an abrupt tone audiogram at 2000 c/s
- e. hard of hearing with a sloping tone audiogram.

These groups, too, failed to show a sufficient correlation between the various methods (fig. 10 to 14). Next the methods employed so far to determine the auditory function are subjected to a critical examination. All prove to be open to serious objections. The methods for calculating the auditory function on the basis of the tone audiogram are unsatisfactory because:

1. understanding of speech does not take place at, but considerably above the threshold of hearing;
2. above the threshold of hearing the ear has properties which are not necessarily dependent on that threshold;
3. with the aid of threshold audiometry for pure tones it is impossible to ascertain to what extent the patient has utilised his residual hearing.
4. the redundancy of the speech sounds has not been taken into sufficient account with these methods.

The two methods known so far for the evaluation of the auditory function on the basis of speech audiometry also have some important drawbacks.

a. As regards the method developed by Walsh and Silverman the following may be observed:

1. This adequacy index is in a linear ratio to the percentages of correctly understood words of a P.B.list.
2. In actual practice, however, the validity is especially determined by the understanding of sentences, and there exists no linear relation between the understanding of sentences and that of words of a P.B.list.
3. The signal to noise ratio has been left out of consideration in this method.
4. The intensity levels designated by Walsh and Silverman as criteria for measuring the validity index have not been very aptly chosen.

b. All above drawbacks apply as well to the method developed by Hallowell Davis, as this method was derived from the former. The latter presents some additional difficulties, however: the simplification made by Hallowell Davis was based on the assumption that a speech audiogram can change its aspect in two ways only: by a shift along the intensity axis and by lowering of the maximum articulation percentage.

This simplification is inadmissible, notably in the case of hard of hearing persons with recruitment and for hard of hearing subjects whose hearing loss is not uniform for all frequencies, so that distortion plays an important part.

The introduction of an adequacy index allowing for all above aspects seems desirable. To this end it is suggested to take a speech audiogram of P.B. words at a signal to noise ratio of 20 db.

The articulation scores obtained for P.B. lists at 50 db, 60 db and 70 db are considered important for calculating the adequacy index.

The articulation scores thus computed for P.B. words are transposed into evaluation figures for sentences by means of fig. 15, added up and averaged. At 9/10 of the figure obtained in the above mentioned manner the adequacy for the observing of warning sounds (W) is counted. In respect of the warning nature of sound the patients with a uniform hearing loss are more severely handicapped than those with a loss in the high tone-area. W is estimated as a value of 10%.

For determining W the auditory sensitivity at a frequency of 125 c/s is evaluated at each ear to a maximum of 2% (viz. each 5 db of the threshold level up to 40 db for 1/4%), the frequencies of 250 c/s, 500 c/s and 1000 c/s up to 1% (each 5 db of the threshold level up to 40 db for 1/8%). Expressed in a formula this Groningen Validity Index runs as follows:

$$9/10 \times \frac{1 \times S_1 + 1 \times S_2 + 1 \times S_3}{3} + W$$

$$W = T(L+R)125 + T(L+R)250 + T(L+R)500 + T(L+R)1000$$

In Chapter IV the importance of the whispered speech for the testing of the auditory function is discussed in detail. Following up the experiments by Fowler and Glorig the whisper test was examined more closely.

In this investigation the intensities obtained at the ear of the patient by means of this test were accurately registered. In

accordance with the experiments by Fowler and Glorig the conclusion can be drawn that the whisper test is not suited to the measuring of the auditory function.

On account of this it is recommendable to introduce the necessary modifications in the relative medicolegal regulations.

The method of the quantitative speech audiogram as developed by Fletcher was applied to the whispered voice. Contrary to what was hitherto assumed, at very low intensities whispered voice proves to be much better understandable for normal hearing persons than spoken voice. It also appears that up to a percentage of 80% the whisper audiogram presents a steeper curve than the normal speech audiogram (fig. 19).

Above results are shown to apply not only to the normal hearing but also to the hard of hearing with a uniform threshold loss (fig. 19).

Consequently, whispered voice needs a smaller db span so as to be understandable than spoken voice.

For hard of hearing patients with more severe hearing loss in the high tone area than in the bass area the understanding of whisper is shown to be more difficult than the understanding of spoken voice (fig. 21).

Chapter V introduces a new method of testing the auditory function. This method was termed qualitative speech audiometry and consists of the measuring of the subjective ability to recognize each separate phoneme, combined with an investigation into the nature of possible confusions for each of these phonemes.

In this connection a few new terms are introduced: Phoneme Articulation Index (P.A.I.): the subjective ability of recognizing a phoneme at a given intensity; Phoneme Confusion Preference (P.C.P.): the relative preference existing at the misunderstanding of a certain phoneme for another phoneme.

After some observations on the motives for this investigation and an exposition concerning the technical execution and the counting of the items, the final results are discussed in detail.

In fig. 24 some phoneme articulation indices for normal hearing subjects listening to undistorted speech with a signal-noise ratio of 30 db have been plotted as a function of the intensity of the P.B lists.

These phoneme articulation indices are given for the a (pa) (a.) and e (bode) (ø), and of the ij (ijs) (ei); these are respectively the two best recognizable vowels and the least recognizable vowel in the Dutch language.

As regards the consonants indices are provided for those which are least easily identified, viz. the s (soep) (s) and the t (tante) (t), as well as for the best identifiable consonant the r (rood) (r).

As regards the phoneme confusion preference of conversational voice delivered to normal ears (diagr. 1). 8 characteristic phenomena are put forward. On the strength of the latter the consonants are classified on an auditory basis (fig. 25). This classification differs from the current grouping based on speech movements.

The phoneme confusion preference has also been measured for whispering voice delivered to normal ears; 9 remarkable auditory differences with the spoken voice are mentioned.

The hard of hearing were classified into the same groups as in the case of the quantitative testing discussed in Chapter III. A qualitative speech audiogram was made of each of these groups (diagr. 3, 4, 5, 6, 7).

It appears that the conduction deaf with a uniform hearing-loss show no differences with the normal hearing in qualitative speech audiometry.

The strongest differences with the normal hearing are presented by the hard of hearing with abrupt tone audiogram at 500 c/s; 14 striking differences were recorded. A classification of the vowels on an auditory basis for this group of hard of hearing is shown in fig. 26.

A group of normal hearing persons was offered distorted spoken voice (for conditions see fig. 6a, Chapter II). So the conditions under which this group heard speech was about the same as those for the group of hard of hearing patients with an abrupt tone audiogram at 500 c/s.

The phoneme confusions were similar in both cases.

The phoneme confusions by normal hearing subjects, when offered conversational voice under cutting off of the frequencies below 2000 c/s showed some resemblance to the phoneme confusions in the case of whispering voice.

The outcome of our investigation also proves to be of practical importance.

In the first place for the hearing rehabilitation. The auditory training can be of a more directed nature in future, viz. adjustment to the specific difficulties of the group to which the hard of hearing patient belongs and if necessary also to the specifically individual hearing difficulties, which can be excellently traced by means of the qualitative speech audiogram.

In this connection another phenomenon must be mentioned, which came to light more or less accidentally in our experiments with P.B.N.lists. It appeared that with the quantitative speech audiogram the difference between P.B. and P.B.N.lists was smaller in the case of normal hearing than in the case of hard of hearing subjects (see fig. 8b).

This phenomenon might mean that whereas a listener without hearing impairment cannot choose between, for instance l, n, or m, the intelligent hard of hearing patient is already able to make a choice, because he knows from experience the limitation of the possibilities with meaningful words. As he lacks this expedient with the P.B.N.lists he proves to be more severely handicapped.

On account of the results of the qualitative speech audiogram we now provide the hard of hearing with hearing prescriptions. These prescriptions consist of a number of the Groningen Phoneme Discrimination lists (given at the end in an appendix), which were selected on the ground of specific hearing difficulties experienced by the deaf patient. These lists are practised daily for about a quarter of an hour with a member of the patient's family. At regular intervals the patient visits the out-patient department to discuss possible difficulties. Our short experience with this therapy does not yet enable us to report definite results, but so far they are not discouraging. We do get the impression that daily returning practising, if need be of shorter duration, is more effective than exercises of longer duration at longer intervals.

Regular clinical checking of the progress of the auditory training is notable for the less intelligent patients indispensable.

Secondly this method of investigation appears to be significant for the detection of those elements which are important for the decoding of speech for a particular sound.

Thirdly qualitative speech audiometry contains a new possibility of exposing malingerers. For a person uninformed on qualitative speech audiometry is incapable of imitating a correct qualitative speech audiogram.

In the fourth place these data may be used to advantage in specific forms of communication. If, for example, one is dealing with a communication with a small signal to noise ratio and it is essential that particular keywords cannot be misinterpreted, it is important to select a collection of code words which are not

likely to be confused. On the basis of the outcome of this investigation it will be possible to take those phoneme compositions of which interchanging may be deemed highly unlikely, in case of mutilated transmission.

In the fifth place it will be possible to abbreviate the P.B.lists. For it will not be necessary to retain those phonemes which cause no difficulties in any type of deafness, in the same proportions as the other phonemes. Notably for conductive deafness the P.B.list can be considerably abridged.

Chapter VI discussed the now current standards for evaluating the relations between the social deficiency of the hard of hearing person and the impairment of the auditory organ.

It is pointed out that with an equal objective degree of deafness the subjective complaints may be widely divergent. A questionnaire from which an impression can be gained as to the subjective complaints is given.

It is emphasized that the importance of the loss of the sense of hearing, which forms the most important means of communication, should not be underrated. When assessing the significance of the auditory function for the performance of the patient's vocation, it should be borne in mind that this varies considerably and that its significance often increases with the importance and degree of specialization of the social function. The estimation of the deficiency of the patient on account of hearing loss differs widely at present in the various countries (Arslan). A consensus of opinion does not appear to exist in respect of this complicated problem.

RESUME

Dans cette thèse on trouvera décrit un examen que nous avons entrepris concernant la validité de l'organe auditif. Nous avons employé quelques nouvelles méthodes de recherche.

Le chapitre I donne un aperçu historique des méthodes de déterminer la fonction auditive suivies jusqu'ici.

Le chapitre II décrit l'appareil employé dans nos recherches et contient, en outre, une comparaison de la structure phonétique du frison et du néerlandais.

Au chapitre troisième on trouvera décrites les méthodes dont on s'est servi jusqu'ici pour déterminer l'indice de capacité auditive, aussi bien les méthodes qui ont comme base l'audiogramme tonal que celles basées sur l'audiogramme vocal.

On a calculé tous ces indices de capacité auditive pour un certain nombre de malades répartis en groupes d'après la nature de leurs déviations auditives. On trouvera ces indices dans les figures 10, 11, 12, 13 et 14. Il en résulte qu'il y a peu de rapport entre les indices de validité auditive calculés selon des méthodes différentes.

Il existe des objections de principe contre les méthodes basées sur l'audiogramme tonal, comme il y a des objections pratiques contre les méthodes actuelles basées sur l'audiogramme vocal.

Nous proposons maintenant un indice de capacité auditive qui tient compte de toutes ces objections.

On peut prendre comme point de départ un audiogramme vocal pris sous une condition signal-bruit 20 db.

Les pourcentages d'intelligibilité pour les listes P.E. obtenus à 50, 60 et 70 db sont jugés importants en vue de l'évaluation de l'indice de capacité auditive.

Les pourcentages d'intelligibilité que nous avons ainsi établis pour les valeurs P.E. sont, à l'aide de la figure 15, transférés en chiffres qui expriment l'intelligibilité de phrases, dont ensuite on a déterminé la moyenne. Au 9/10 du nombre obtenu ainsi s'ajoute la validité de la perception des sons avertisseurs. Le caractère avertisseur de son (W) est estimé comme un élément de 10%. Pour définir la valeur de W l'acuité avec fréquence 125 c/s est estimée pour chaque oreille jusqu'à un maximum de 2% (c'est à dire chaque 5 db jusqu'à 40 db estimé de 1/4%), les fréquences 250 c/s, 500 c/s et 1000 c/s jusqu'à un maximum de 1% (chaque 5 db jusqu'à 40 db de 1/8%). Exprimé dans une formule cet indice groningen de capacité auditive devient:

$$9/10 \times \frac{S_1 + S_2 + S_3}{3} = W$$

$$W = T125_{(L+R)} + T250_{(L+R)} + T500_{(L+R)} + T1000_{(L+R)}$$

Au quatrième chapitre on donne un aperçu critique complémentaire des articles de Fowler et Glorig, qui traitent la voix chuchotée et la voix haute comme on les applique encore souvent dans les cliniques.

Nous appliquons à la voix chuchotée la méthode que Fletcher a développée pour l'audiométrie vocale. De cet examen ont jailli quelques détails importants, qui sont illustrés par les figures 19, 21.

Le chapitre V introduit une nouvelle méthode d'examiner la fonction auditive. Cette méthode est désignée comme audiométrie vocale qualitative. Elle consiste à mesurer la faculté d'identification subjective pour chacun des phonèmes à part. Elle va de pair avec un examen de la nature des confusions éventuelles pour chacun de ces phonèmes.

De cette recherche il résulte que les difficultés que présente la surdité avec un audiogramme horizontal sont tout autres que celles que nous constatons pour la surdité avec un audiogramme descendant. On trouvera les résultats de cet examen pour différentes formes de surdité dans les diagr. 3, 4, 5, 6, 7.

Quant à la voix chuchotée les résultats se trouvent illustrée par la diagramme 2. Pour la surdité artificielle (obtenue à l'aide d'un système filtre acoustique) on trouvera les résultats dans la diagramme 8.

Il nous semble que les résultats de cet examen présentent de l'intérêt:

- a. pour la rééducation auditive.
- b. pour déterminer, en vue de la distinction d'un son, l'importance des différents éléments que le constituent.
- c. pour rechercher la surdité simulée.
- d. pour rehausser l'intelligibilité en cas de brouillage dans la radiodiffusion.
- e. pour réduire la longueur des listes P.E.

Le chapitre VI traite de prescriptions légales concernant l'évaluation de l'invalidité résultant de la déficience auditive.

ZUSAMMENFASSUNG

In dieser Dissertation wird die Prüfung der Leistungsfähigkeit des Gehörorgans beschrieben. Bei dieser Untersuchung wurden einige neue Methoden angewendet.

Abschnitt I gibt eine historische Uebersicht über die bisher gebräuchlichen gehörfunktionsbestimmungen.

Im Abschnitt II wird die für die Untersuchung notwendige Apparatur und die angewandte Methode, sowie ein Vergleich der phonetischen Zusammensetzung der friesischen und der niederländischen Sprache beschrieben.

Im Abschnitt III werden die bisher zur Bestimmung des Validitätsindex gebräuchlichen Methoden dargestellt, sowohl die Methoden, die das Tonschwellenaudiogramm (A.M.A. Fletcher, Fowler), als auch diejenigen, die das Sprachaudiogramm (Walsh-Silverman, H.Davis) als Grundlage haben.

Für eine Anzahl Patienten, welche nach der Art ihrer Gehörstörungen auf Gruppen verteilt sind, wurde der Validitätsindex berechnet. In Fig. 10, 11, 12, 13, 14 können diese berechneten Validitätsindices abgelesen werden. Die Ergebnisse der auf verschiedene Weise berechneten Validitätsindices scheinen gegenseitig wenig Beziehung zu haben. Gegen die bisher gebräuchlichen Methoden auf der Basis von Tonschwellenaudiogrammen bestehen prinzipielle, gegen die bisher entwickelten Methoden auf Grund von Sprachaudiogrammen praktische Bedenken. Ein Validitätsindex, der diesen Schwierigkeiten Rechnung trägt, wird beschrieben. Dabei kann ausgegangen werden von einem Sprachaudiogramm, das bei einem Sprach-Geräuschverhältnis von 20 db aufgenommen wird. Die erhaltenen Artikulationspercentages für PB-listen bei 50, 60 und 70 db werden für die Feststellung des Validitätsindex als wichtig erachtet.

Die auf diese Weise für PB-Worte festgestellten Artikulationspercentages werden mit Hilfe von Fig. 15 umgesetzt in Wertungsziffern für Sätze und nachher zusammengezählt. Zu 9/10 der auf diese Art erhaltenen Ziffer wird die Leistungsfähigkeit im Wahrnehmen von Warnungsschall (W) hinzugezählt. Was diesen so belangreichen Weckcharakter von Schall betrifft, sind die Schallleitungsschwerhörigen mehr benachteiligt als die Discantschwerhörigen, W wird auf 10% geschätzt. Zur Feststellung von W wird die Sinnesorganempfindlichkeit bei einer Frequenz von 125 Hz an jedem Ohr geschätzt bis zu einem Maximum von 2% (alle 5 db vom Schwellenwert bis 40 db für ¼%), die Frequenzen von 250 Hz, 500 Hz und 1000 Hz bis 1% (alle 5 db vom Schwellenwert bis 40 db für 1/8%).

In einer Formel wird dieser Groninger Validitätsindex folgendermassen ausgedrückt:

$$9/10 \times \frac{S_1 + S_2 + S_3}{3} + W$$

$$W = T_{(L+R)125} + T_{(L+R)250} + T_{(L+R)500} + T_{(L+R)1000}$$

Im IV. Abschnitt § A wird eine zusätzliche Betrachtung zu den Arbeiten von E.P. Fowler und A. Glorig betreffend den Flüstersprach- und Konversationssprachtest, welche noch viel angewandt werden, angestellt.

In § B wird die durch H. Fletcher entwickelte Methode der quantitativen Konversationssprachaudiometrie bei Flüstersprache angewandt. Dabei treten einige wichtige Besonderheiten auf, die in Fig. 19 und 21 dargelegt sind.

Im V. Abschnitt wird eine neue Art der Untersuchung der Gehörfunktion gezeigt. Diese Methode wird als qualitative Sprachaudiometrie bezeichnet und besteht aus der Messung des subjektiven Erkennungsvermögens für jedes einzelne der Phoneme, zusammen mit einer Untersuchung über die Art der eventuellen Verwechslungen für jedes dieser Phoneme. Bei dieser Untersuchung ergibt sich, dass die Schwierigkeiten für das Sprachverstehen bei Schallleitungsschwerhörigen ganz anders sind, als bei Discantschwerhörigen.

Die Resultate von dieser Untersuchung bei verschiedenen Formen von Schwerhörigkeit sind abgebildet in diagr. 3, 4, 5, 6, 7.

Für Flüstersprache sind die Resultate dargestellt in Diagr. 2.

Für eine durch ein Filtersystem künstlich nachgeahmte Schwerhörigkeit bei Normalhörenden, sind die Resultate abgebildet in Diagr. 8.

Die Resultate der qualitativen Sprachaudiometrie sind wichtig für:

- a. Hörschülung
- b. die Bestimmung der Bedeutung der verschiedenen Klangelemente für das Verstehen der Sprache
- c. Entlarvung von Simulanten
- d. besondere Formen von Uebermittlung
- e. Abkürzung der PB-Listen.

Im Abschnitt VI werden die gesetzlichen Vorschriften zur Bestimmung der Leistungsfähigkeit einer Person nach der Leistungsfähigkeit des Gehörorgans besprochen.

ADDENDUM

1. *Phonetisch gebalanceerde lijsten voor de Nederlandse taal*

Groninger P.B.lijst no 1

bod	are	appel	kin
boeken	smidse	dozen	ziek
jacht	niet	namen	beroet
non	vals	in	knie
zonnig	tante	geluk	gras
grote	schetsen	trein	nors
garen	fles	as	duik
nut	verzit	nijdig	verdriet
heden	wedde	vete	huur
tennis	vijf	peer	neef
lange	mak	gaas	datum
oren	zeef	hond	heide
ver	dalen	iemand	ster
dame	hoge	wodan	wijn
lip	pittig	belet	weven
ginds	arme	wenken	later
dorre	alle	otter	
elk	maal	oude	

Groninger P.B.lijst no 2

ruk	bericht	ener	dief
sikkel	gene	lemmet	waas
hobo	bui	annie	geloof
gepakt	vaars	dagen	aleer
wig	olmen	zouten	tillen
schijven	rag	lont	bom
lange	bitter	rede	gezing
run	weg	akker	daar
japon	dijken	vinnen	schreide
uit	zeep	testen	halte
horen	agent	web	doken
kaak	sollen	mist	vette
wind	hand	heinde	holde
laffe	verwaand	der	kiest
mijt	aarde	zoele	hoor
nu	mes	deen	straat
das	tijden	graven	tommie
zieden	voet	stem	zeeën

Groninger P.B.lijst no 3

velen	bomen	kuit	bevel
namen	gepeins	tijger	schoen
leer	haven	el	dazen
donder	joelen	oog	naden
holle	mis	wek	dikke
snikken	forens	fut	eter
lach	bezien	wit	tas
tel	porren	aas	ham
verlies	woord	zijde	zang
terug	gong	hom	wijlen
getij	verven	fiat	sik
tanden	tenue	poot	diep
kerker	vrede	tam	geen
zaag	heide	gebod i	heren
wachten	gelid	bieder	radar
minder	foedraal	zaad	les
stoute	weten	schatter	oor
kennis	kanon	lam	

Groninger P.B.lijst no 4

allen	ijs	loven	hoed
zingen	edel	oud	ozon
lezer	stad	rebel	anna
los	dus	oor	tin
nader	aas	echter	vinnig
negen	kit	wieg	meisje
nis	bikkel	winnen	ma
ooft	don	hand	heil
bedrag	raam	kaf	kam
geroep	honk	wijze	vilt
citer	bes	haan	nek
daad	sterfte	vuige	natte
degen	muze	metten	tarwe
heiden	dood	wenen	gokken
eerlijk	mollig	vang	kiem
defect	dieren	neger	pak
diepte	recept	waar	sterk
door	loven	wonde	

Groninger P.B.lijst no 5

lis	bron	schotel	palmen
david	hier	vies	uur
vat	tijd	nattig	passen
beroet	deerne	fok	zijde
dorre	kies	hoon	immer
gaap	gedicht	gewei	nare
fee	bakker	heien	ons
wet	mees	dol	gewoon
nikker	behuisd	wang	ton
herder	gemis	laag	deze
kaak	diets	nemen	noorden
nette	felle	vore	met
vel	bed	aar	weten
zetten	kier	touw	
viyf	gezant	noen	
noten	naden	long	
mazen	schilde	kas	
alle	milt	dapper	

Groninger P.B.lijst no 6

bezem	es	geleider	adder
linge	bunzing	wennen	hees
woest	pad	nietig	navel
brijpot	ome	maak	fin
huig	zeven	rest	anno
ezel	nest	natte	kiemde
tom	toeven	hokken	feest
linnen	gelach	neder	lak
dopte	reinet	ham	gulle
ijvert	want	wonde	ander
koude	neer	harig	fijne
gids	ina	eik	radio
koor	roos	kaas	midden
west	lieve	leuze	taal
ganzen	fret	verbond	schade
witte	gedacht	rantsoen	koraal
jicht	domme	huis	
vuurde	prent	bende	

Groninger P.B.lijst no 7

matte	dozen	leem	een
rijk	peper	dan	vang
witte	fakkel	tijden	grijs
dit	duiven	waas	git
heden	kers	assen	lach
oven	meer	sluike	het
vaan	tin	benard	bolle
eter	jood	pil	poes
voor	dikke	schoffel	dof
haat	water	erwt	moeten
dieven	houten	ribbe	offer
den	zaan	bende	raadsel
tanden	kier	ziener	zwak
oost	heg	eggen	malle
gezin	wie	tol	kromme
nog	nul	heide	smachten
bang	eigen	vaars	
geste	dienen	moor	

Groninger P.B.lijst no 8

wakker	koord	keizer	noor
gemeen	toon	taart	tres
regel	woeste	natte	vinnen
pauze	nies	zotte	hen
begrip	tule	niezen	min
mate	samen	tin	hond
heden	dat	lach	ar
durf	orde	schoof	non
kop	bederf	vader	snit
terra	balsem	rel	som
dienen	beheer	karren	wiggen
kade	huis	hebben	wijven
adem	toom	gene	gezet
schelle	dieet	kille	van
gave	angel	jappen	zode
onding	schaal	lak	weide
roet	schijf	stijven	kleed
tijd	dar	weg	

Groninger P.B.lijst no 9

bijten	draf	mus	reis
vorm	nicht	bonnen	pitten
van	geven	ronde	raap
ook	wikken	matten	moor
keet	doen	zemen	touw
door	zieke	lijmen	ton
belang	zon	vod	ketter
heide	kachel	delen	weer
lage	stoeten	wangen	hap
melk	spaan	zijn	feest
etter	boter	wassen	felle
juist	hoge	acht	dis
mennen	ras	wade	fiets
bakker	rotte	dag	het
gewoon	villen	zaagde	gaas
neder	nieren	egge	gieter
stille	ziel	haat	distel
haan	duren	rijgen	aal

Groninger P.B.lijst no 10

dek	ijlen	mast	vies
takken	bellen	meer	degen
dit	lange	hagen	hinde
zak	geluk	vete	os
hoef	goede	lef	honden
jaar	edele	zacht	door
niet	ruiten	gewei	en
voor	sibbe	dassen	tinnen
naam	pijl	taande	dar
onder	baar	zeilen	rits
hen	wier	wieken	nier
gif	pot	oker	nette
over	weder	sopte	texel
nodig	raven	mannen	mees
hal	gebak	trom	fit
ging	al	muur	rat
goud	waas	vazen	sik
zoet	dom	pennen	posten

2. *Phonetisch gebalanceerde lijsten voor de Friese taal*

I

stêd	strie	boat	mol
goune	tamme	slûch	net
pakke	reed	fytse	sân
wille	honger	dat	klaei
hynst	liene	moai	hol
saek	tinne	widze	hannen
pit	klaver	frjemd	nije
westen	fange	man	reinde
drûf	skrieme	drage	tomme
reade	witte	learzens	hawwe
ploff	sturt	foarke	trije
wylde	nocht	meitsje	stomme
dauwe	dien	bigge	ride
deade	hinnen	brûze	gekke
riede	bjuster	tosk	pude
winne	wachtsje	wenne	slomme
rook	jouns	bân	kat
dong	jitte	heit	

II

glêd	rûke	mage	ride
meane	dan	ditte	hynder
miene	ljurk	finne	gûle
taeiman	slach	weddest	stripe
stiver	noeden	kâns	stjerre
tange	side	kaike	post
bern	doargat	muorre	werdwaen
midden	sizze	hat	stien
spantou	folle	hâlde	das
angel	hierwet	wein	hjerst
bjinne	oars	rykdom	stean
witens	kiezzen	stillens	fiele
heechste	koufet	bijlûd	datte
sjong	sette	laits	welle
brûke	hage	duorje	tear
matten	rûze	famke	iens
wurd	fine	snije	himden
bocht	stamme	túnpar	netten

III

rêdde	seis	oarde	fuorje	stritte
âld	hyltyd	bang	tille	netsjes
lizze	sé	boer	o(f)t	de
fol	pake	harren	datte	damme
tiid	heine	foar	wente	nimme
brij	smite	springe	en	
muzen	haven	hûs	mes	
jok	fleane	handich	hwatte	
út	kier	sûge	want	
krije	kreamke	ponge	wenje	
nei	burd	foet	wenne	
mol	earst	stamme	dan	
blau	die	drage	dimmen	
grien	earder	nicht	koarte	
tai	put	dom	del	
wike	klean	dwan	as	
nou	tsien	ôf	dryst	
gelyk	hinder	slachter	hwerdan	

3. *Phonetisch gebalanceerde nonsenslijsten*

Groninger P.B.N.lijst no I

ebere	vaden	kotte	dieme	mart
sille	redan	zodin	zipp	hijle
divat	schirt	hijven	waven	ket
paache	riets	nooche	mechte	anen
voeron	kange	hiem	reen	kols
rikken	kimt	zitte	klars	dende
traffe	metter	boop	zeende	nijven
tron	lits	brets	doer	guin
perte	douk	hankel	ziegen	peemen
warte	hijster	jaaf	wevig	gussen
dars	weelt	tuuk	fomte	negge
noossen	ninten	dang	loor	
londe	loraak	sutte	notten	
zegei	nuil	dettel	wuin	

Groninger P.B.N.lijst no II

naanan	spolde	zutte	loucht	nijn
soelken	weckel	troel	made	tient
ruube	vorde	larste	hif	dijt
kels	dijnen	warde	doer	gævit
kaatte	hoker	neebie	zoor	maavee
trim	dast	vichte	keede	snijg
sark	tilte	grun	anne	mart
nars	wonge	amde	miechen	anen
knirp	naste	merwe	naaloo	ket
sode	notke	walf	nijne	zeenen
niegen	zoorle	feede	nante	hijle
tole	huibers	herp	hette	
nabe	nèchen	jout	laas	
proch	mingen	zarde	sievig	

Groninger P.B.N.lijst no III

kols	hankel	warte	gussen	loude
mart	zodin	divat	notten	rikken
doer	douk	guin	klars	negge
dieme	redan	anen	sutte	wuin
brets	perte	fomte	zitte	zeende
kotte	sille	mechte	loraak	dettel
lits	nijven	tuuk	kimt	boop
vaden	ket	nooche	reen	nuil
tron	wevig	weelt	dang	metter
ebere	waven	riets	hiem	zegei
dende	jaaf	paache	ninten	traffe
hijle	hijven	dars	kange	
ziegen	schirt	peemen	noossen	
zijk	hijster	loor	voeron	

4. Groninger Phoneem Discriminatielijsten (hoorrecepten)

A. Vocalen

(in het algemeen voornamelijk te gebruiken bij discantdoofheid)

lat	rat	dood	bad	kok	mat	gat	had
lot	rot	dat	bod	kak	mot	git	het
let	rut	dit	bed	kik	met	gaat	hit
laat	raad	daad	bit	kaak	mud	goed	haat
leed	reed	doet	baat	keek	maat	goot	hoed
loet	roet	diet	beet	koek	meet	giet	heet
loot	rouwt	deed	boot	kiek	moet	goud	hout
lied	rood	duit	biet	kuik	moot	guit	hooit
luid	riet	dooit	bijt	kijk	mout	geit	huwt
leut	ruit	duwt	boeit	kook	mijt	gooit	hut
loeit	rijd					geeuwt	
laait	roeit						
luwt	rooit						

les	mes	koor	lak	pad	bar	nat	pat
las	mis	kar	lok	pet	baar	net	pot
los	mus	kir	lek	pit	beer	naad	pit
lus	mos	koer	lik	peet	boer	niet	put
lis	mies	kier	leuk	poot	bier	nijd	peet
lees	moes	keer	lijk	piet	boor	noot	poot
loos	mees	kuur	leek				piet
loes	moos		luik				
lies	muis						

tal	bal	ban	zat	bak	pal	mand	brak	graf
tol	bol	bon	zot	bok	pol	mond	brok	grof
taal	bel	ben	zaad	bik	pil	mint	brik	grif
teil	beel	been	zoet	buk	pul	munt		
teel	boel	boen	zout					
tuil	buil	baan	ziet					
	bijl	boon	zit					
		buin						

af	keel	vier	leed
of	kool	vuur	lood
		voer	
bas	beet	bier	kneep
bos	boot	buur	knoop
		boer	
krat	deed		beer
krot	dood	kieren	boon
		kuren	
	greet	koeren	
	groot		

B. Consonanten l (lief), m (men) en n (nee)

(vooral te gebruiken bij de zeer sterk uitgesproken discant-
doofheid)

neer	noot	naad	nier	nat	net	nacht
meer	moot	maat	mier	mat	met	macht
leer	loot	laat	lier	lat	let	lacht
tin	boon	boen	pin	pan	zoen	ban
tim	boom	boem	pim	pam	zoem	bam
til	bool	boel	pil	pal	zoel	bal

C. Consonanten k (koe), p (piet), t (tante), s (soep), f (fiets)
(vooral te gebruiken bij het uniform gehoorverlies)

kas	keer	kist	kast	list	kuis	hok	klok
pas	peer	kift	kaft	lift	pluis	hop	klop
tas	teer			likt	thuis	hof	klos
sas						hos	
kruik	kuip	stok	kluiten	kap	koppen		
kruip	kuit	stop	sluiten	kat	poppen		
kruit	kuis	stof	fluiten	kas	toppen		
kruis	kuif			kaf	foppen		
					soppen		

D. Consonanten b (bek), d (dame), v (veen), w (water), z (zee),
g (gragen), h (hoed), j (ja)
(hiervan vooral de b (bek) en d (dame) bij de uitgesproken
discantdoven te gebruiken)

bier	bar	boden	buur	boor	beer	baden	baar	boot
dier	dar	doden	duur	door	deer	daden	daar	dood
		beet	bas	bus	baas			
		deed	das	dus	daas			
veer	vuist	voet	hees	vis	het	haas	vaar	weeën
heer	juist	goed	wees	gis	wet	gaas	waar	zeeën
geer	huist	hoed		wis	zet	vaas	zwaar	
zeer						waas		
vat	vit	jokken	jonger	joop	vol	voet	had	bod
wat	wit	hokken	honger	hoop	jol	goed	vat	dot
zat	zit				hol	hoed	gat	zot
	git						wat	
	hit						zat	

L I T E R A T U U R

1. Arslan, M. L'évaluation de l'invalidité auditive (1953). Lyon, Gauthier.
2. Benjamins, C.E. Ned.Tijdschr.v.Gen. 2, 668 (1913).
3. van den Berg, Jw Diss. Groningen (1953).
4. Bezold, F. Zeitschr.f.Hals-Nasen-Ohrenheilk. 14, 262 (1885).
5. Black, J.W. J.S.H.D. 19, 140 (1954).
6. Bleeker, G.F. Diss. Groningen (1953).
7. de Bruïne-Altes, J.C. Diss. Groningen (1946).
8. Bunch, C.; Fowler, E.P.; Sabine P. Arch. of Otolaryng. 36, 591 (1942).
9. Bijlage XII van K.B. (26-11-1932) Staatsblad 563, Hfdst.III, art. 17 en 18.
10. Carhart, R. Laryngoscope 56, 510 en 780 (1946).
11. Carhart, R. Acta Oto-laryngologica 41, 18 (1952).
12. Curtis, J.F. J.S.H.D. 19, 140 (1954).
13. Davis, H. c.s. Laryngoscope 56, 85 (1946).
14. Davis, H. c.s. Hearing Aids. Harv.Univ.Press (1947).
15. Edelmann, M.Th. Zeitschr.f.Hals-Nasen-Ohrenheilk. 54, 258 (1907).
16. Egan, J.P. O.S.R.D. Report nr 3802 (1944).
17. Falconer, G.A.; Laryngoscope 57, 89 (1947).
18. Fletcher, H. Speech and Hearing (1927). New York, Van Nostrand.
19. Fletcher, H. J.A.S.A. 22, 12 (1950).
20. Fletcher, H. Speech and Hearing in Communication (1953). New York, Van Nostrand.
21. Fournier, J.E. Audiométrie vocale. Paris, Maloine.
22. Fowler, E.P. Arch. of Otolaryng. 36, 874 (1942).
23. Fowler, E.P. Arch. of Otolaryng. 45, 550 (1947).
24. Fowler, E.P. Laryngoscope 57, 103 (1947).
25. Glorig, A. Ann. of Otol., Rhinol. and Laryngol. 58, 394 (1949).
26. Gradenigo, G. Arch.f.Ohrenheilk. 87, 123 (1912).
27. Gradenigo, G. Laryngoscope 23, 770 (1913).
28. Habermann, J. Arch.f.Ohrenheilk. 18, 376 (1894).
29. Hahlbrock, K.H. Arch. of Ohren-Nasen-Kehlkopfheilk. 162, 394 (1953).
30. Hahlbrock, K.H. Vorträge des 1. Deutschen Audiologen-kurses (1953). Stuttgart, Thieme.
31. Harris, J.D. Arch. of Otolaryng. 50, 388 (1949).
32. Hiddema, A. Diss. Groningen (1928).

33. Hirsh, I.J. J.A.S.A. 26, 532 (1954).
34. Hudgins, C.V.; Davis, H. Laryngoscope 56, 135 (1946).
35. Huizing, H.C. Ned.Tijdschr.v.Gen. 85, 1755 (1941).
36. Huizing, H.C. Ned.Tijdschr.v.Gen. 86, 2880 (1942).
37. Huizing, H.C. Practica oto-rhino-laryng. 14, Fasc. 6, 361 (1952).
38. Huizing, H.C.; Moolenaar-Bijl, A.J. Ned.Tijdschr.v.Gen. 88, 435 (1943).
39. Keys, J.W. J.A.S.A. 19, 631 (1947).
40. Langenbeck, B. Arch.f.Ohren-Nasen-Kehlkopfheilk. 149, 199 (1941).
41. van Leeuwen, H.A. Diss. Leiden (1955).
42. Licklider, J.C.R. Trans.7th Conf. on Cybernetics (1950).
43. Licklider, J.C.R.; Pollack, I. J.A.S.A. 20, 42 (1948).
44. Liden, G. Acta Oto-laryngologica suppl. 114. Diss. Stockholm, Zweden (1954).
45. McFarlan, G. Laryngoscope 55, 71 (1945).
46. Medical Research Council. Hearing aids and audiometers spec. report no 261 (1947).
47. Miller, G.A.; Nicely, P.E. J.A.S.A. 27, 338 (1955).
48. Miller, G.A. Language and Communication (1951). New York, McGraw Hill.
49. Palva, T. Diss. Turku, Finland (1952).
50. Politzer, A. Geschichte d. Ohrenheilk., Stuttgart (1907).
51. Politzer, A. Lehrbuch d. Ohrenheilk., Wenen (1901).
52. Potter, R.K.; Kopp, G.A.; Green, H.C. Visible Speech. New York, Van Nostrand 1947.
53. Quix, F.H. Voordracht over de ontmaskering van doofheidssimulanten door den Officier van Gezondheid F.H.Quix.
54. Reyntjes, J.A. Diss. Groningen (1951).
55. Richardson, E.G. Technical aspects of sound. Houston, Elsevier (1953).
56. Rinne, A. Viertelj.schr.f.Heilkunde 45, 72 (1855).
57. Røjskjaer, Chr. Diss. Odense, Denemarken (1952).
58. Royal Society of Medicine. Report of Committ. for the cons. of hearing tests (1932). London, Longmans Co.
59. Sabine, P.E. J.A.S.A. 16, 38 (1944).
60. Schwabach, D. Zeitschr.f.Ohrenhelk. p.146 (1855).
61. Sivian, L.J.; White, S.D. J.A.S.A. 4, 288 (1933).

62. Société internationale d'audiologie. - Rapports congrès de 1953.
63. Steinberg, J.C. J.A.S.A. 1, 121 (1929).
64. Symons, N.S. Trends in compensation attitude. University of Michigan Press (1952).
65. Struyken, H.J.L. Ned.Tijdschr.v.Gen. 80, 4238 (1936).
66. Struyken, H.J.L. Ned.Tijdschr.v.Gen. 71, 2425 (1927).
67. Stumpf, C. Die Sprachlaute. Berlin, Julius Sprenger 1926.
68. Tarnoczy, T. Acta linguistica ac. scient Hongarica 4, 313 (1954).
69. Thurlow, W.R.; Silverman, S.R.; Davis, H.; Walsh, T.E. Laryngoscope 58, 43 (1948).
70. Tiffany, W.R. J.S.H.D. 18, 289 (1953).
71. Tolhurst, G.C. J.S.H.D. 19, 29 (1954).
72. Tonndorf, J. U.S.A.F. School of Aviation Medicine. Proj.no.21-27-001, Rep.no.1 (1954).
73. Trowbridge, B.C. Arch. of Otolaryng 45, 319 (1947).
74. Utley, J. J.S.H.D. 9, 103 (1944).
75. Walsh, T.E.; Silverman, S.R. Laryngoscope 56, 536 (1946).
76. Watson, N.A. Laryngoscope 54, 531 (1944).
77. Watson, N.A.; Knudsen, V.O. J.A.S.A. 11, 406 (1940).
78. Weber, E.H. De pulsu, auditu et tactu. Lipsiae 1834.
79. Weersma, P. Diss. Groningen (1938).
80. Wolf, O. Sprache und Ohr. Braunschweig (1871).
81. Wolf, O. Monatschr.f.Ohrenheilk. 34, 24 (1900).
82. Wood, A. Acoustics (1940). Londen, Arnold Co.
83. Wuite, J.G. Medisch commentaar op de ongevallenwet mede in verband met de plannen tot unificatie v.d. sociale verz.wetten (1947).
84. Zipf, G.K. The psycho-biology of language (1936). London, Routledge Sons.
85. Zwaardemaker, H. Handel.v.h. XIVE Ned. Natuur en Geneesk. Congres (1913).
86. Zwaardemaker, H. Onderz.Physiol.Lab.Utrecht, nr 17 (1916)
87. Zwaardemaker, H. Afscheidscollège als hoogleraar te Utrecht (1927).
88. Zwaardemaker, H.; Quix, F.H. Ned.Tijdschr.v.Gen. 2, 550 (1904).